PROCÈS-VERBAUX

DE LA

SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE

DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE

(BRUXELLES)

Tome XIX

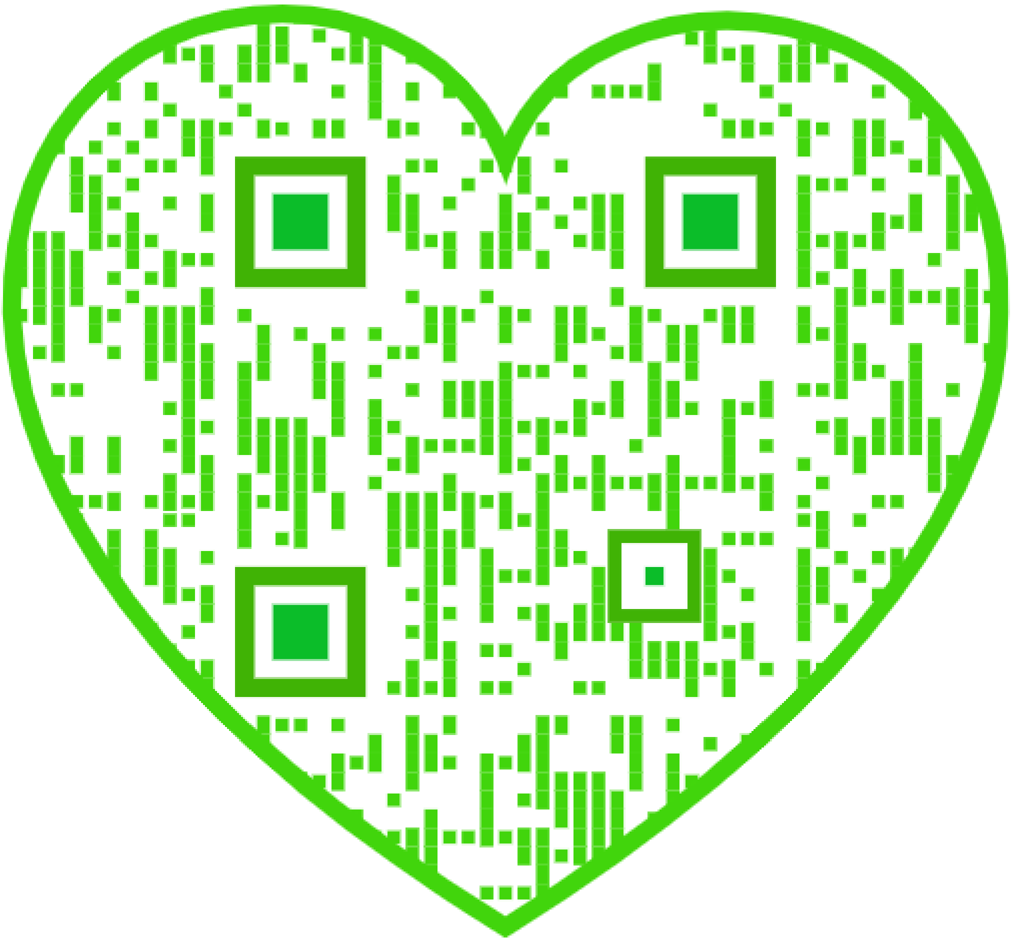
(Deuxième série, tome IX)

ANNÉE 1905

BRUXELLES

HAYEZ, IMPRIMEUR DES ACADÉMIES ROYALES DE BELGIQUE

112, rue de Louvain, 112



SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE

DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE

COMPOSITION DU BUREAU [1], DU CONSEIL ET DES COMITÉS

EXERCICE 1905

Président : **Ad. Kemna.**

Vice-Présidents :

E. Cuvelier, Th. Gilbert, A. Rutot, X. Stainier.

Secrétaire général : **E. Van den Broeck.**

Trésorier : **Ch. Fievez.**

Secrétaire : **Baron L. Greindl.**

Bibliothécaire : **L. Devaivre.**

Délégués du Conseil :

H. de Dorlodot, V. Jacques, M. Mourlon, J. Willems.

Membres du Conseil :

J. Cornet, F. de Schryvere, C. Malaise, E. Mathieu, H. Rabozée, C. Van de Wiele.

COMITÉS SPÉCIAUX.

COMITÉ DE VÉRIFICATION DES COMPTES :

L. Bauwens, A. De Busschere, H. Lebon.

COMITÉ DES PUBLICATIONS :

E. Cuvelier, V. Jacques, G. Jottrand.

COMITÉ DES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION :

Président : **J. Willems.**

Membres :

Gillet, H. Rabozée, Cl. Van Bogaert, P. Van Ysendyck.

COMITÉ PERMANENT D'ÉTUDES DU GRISOU :

(Voir les listes spéciales des années antérieures.)

(1) Le *Bureau* est constitué par le Président, les quatre Vice-Présidents, le Secrétaire général, le Secrétaire et les quatre Délégués du Conseil.

PROCÈS-VERBAUX
DE LA
SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE, DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE
BRUXELLES
TOME XIX — ANNÉE 1905

SÉANCE MENSUELLE DU 17 JANVIER 1905.

Présidence de M. **Ad. Kemna,** *Président.*

La séance est ouverte à 8 h. 35. (28 membres présents.)

Correspondance :

MM. *E. Cuvelier, Th. Gilbert,* le *baron L. Greindl, J. Willems, E. Mathieu, C. Malaise* remercient pour leur nomination, les deux premiers, en qualité de Vice-Présidents, le troisième, de Secrétaire, le quatrième, de Délégué et les cinquième et sixième, en qualité de membres du Conseil de la Société.

— *M*me *veuve Th. Moulan,* de Seraing, fait hommage à la Société d'un exemplaire de l'ouvrage de feu son mari, intitulé : *Origine et formation des minerais de fer,* vol. in-12 de 148 p. et 17 fig. (*Remerciements.*)

— La *Société d'entreprise du tunnel du Simplon, Brandt, Brandau et C*ie, à Wintherthür, a bien voulu nous envoyer un exemplaire des conférences faites sur cette entreprise, les 26 janvier et 3 août 1904, par M. Sulzer-Zigler. (*Remerciements.*)

— L'*Académie royale des Sciences de Turin* rappelle que, durant la période 1903-1906, un concours est ouvert *pour la découverte la plus éclatante et la plus utile, ou pour l'ouvrage le plus célèbre en fait de sciences physiques et expérimentales, histoire naturelle, mathématiques pures et appliquées, chimie, physiologie et pathologie, sans exclure la géologie, l'histoire, la géographie et la statistique.*

A ce concours, qui sera clos le 31 décembre 1906, est attaché un prix de 9,600 francs.

Dons et envois reçus : 1° Périodiques nouveaux :

4552. Madrid. *Société royale de Géographie.* (Revista) : II, 1904; nos 25 à 32.

4553. Pretoria. *Geological Survey of the Transvaal.* (Report), 1903.

4554. Elbeuf. *Société d'étude des Sciences naturelles.* (Bulletin), XI (1892) à XXII (1903).

4555. Genève. *Société de Physique et d'Histoire naturelle.* (Compte rendu), I (1884) à XX (1903).

4556. Genève. *Société de Physique et d'Histoire naturelle.* (Mémoires), 1882 à 1902.

4557. Fribourg. *Société fribourgeoise des Sciences naturelles.* (Compte rendu), XI (1902-1903).

2° De la part des auteurs :

4558. **Buttgenbach, H.** *Quelques observations sur les champs diamantifères de Kimberley.* Liége, 1904. Extrait in-8° de 14 pages.

4559. **de Dorlodot, L.** *Quelques observations sur les cubes de pyrite des quartzites reviniens.* Liége, 1904. Extrait in-8° de 16 pages.

4560. **De Wildeman, E.** *Notices sur des plantes utiles ou intéressantes de la flore du Congo.* Fascicule II. Bruxelles, 1904. Extrait in-8° de 74 pages et 15 planches. (Publication de l'État indépendant du Congo.)

4561. **Gosselet, J.** *Un cas de « déphosphatisation » naturelle de la craie phosphatée.* Lille, 1902. Extrait in-8° de 4 pages.

4562. **Gosselet, J.** *Les assises crétaciques et tertiaires dans les fosses et les sondages du Nord de la France, région de Douai.* Lille, 1904. Extrait in-8° de 8 pages.

4563. **Gosselet, J.** *Coupe du canal de dérivation autour de Douai. Superposition de vallées actuelles à des vallons de la surface crayeuse.* Lille, 1904. Extrait in-8° de 8 pages et 1 planche.

4564. **Gosselet, J.** *Études hydrologiques. — Les nappes aquifères de la craie au Sud de Lille.* Lille, 1904. Extrait in-8° de 24 pages et 1 planche.

4565. **Gosselet, J.** *L'alimentation en eau de la ville de Lille. (Discours prononcé dans la séance solennelle de la Société géologique du Nord, le 18 décembre 1904.)* Lille, 1905. Extrait in-8° de 19 pages.

4566. **Gosselet, J.** *Études des gîtes minéraux de la France. Les assises crétaciques et tertiaires dans les fosses et les sondages du Nord de la France. Fascicule 1 : Région de Douai.* Paris, 1904. Volume in-4° de 141 pages et un atlas in-plano de 3 cartes, 2 planches de coupes et 2 planches de figures.

4567. **von Koenen, A.** *Ueber die Untere Kreide Helgolands und ihre Ammonitiden.* Berlin, 1904. Extrait in-4° de 63 pages et 4 figures.

4568. **Lotfi, B.** *A proposito di una recente scoperta di minerali plumbo-argentiferi all' Isola d'Elba.* Turin, 1904. Extrait in-8° de 8 pages.

4569. **von Mojsisovics, Éd.** *Mitteilungen der Erdbeden-Kommission der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien. Neue Folge. N° XXV : Allgemeiner Bericht und Chronik der im Jahre 1903 im Beobachtungsgebiete eingetretenen Erdbeben.* Vienne, 1904. Extrait in-8° de 161 pages et 4 planches.

4570. **Schwab, Fr.** *Mitteilungen der Erdbeben-Kommission der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien. Neue Folge. N° XXVI : Bericht über die Erdbebenbeobachtungen im Jahre 1903.* Vienne, 1904. Extrait in-8° de 15 pages.

4571. **Silveryser, Fl. (L'abbé).** *Cours de constructions rurales.* Hasselt, 1904. Volume in-12 de 241 pages.

4571bis. **Moulan, Th.** *Origine et formation des minerais de fer.* Bruxelles, 1904. Volume in-12 de 148 pages et 17 figures.

L'Assemblée aborde ensuite la question de la nomination du *Comité de vérification des comptes*, ainsi que celle relative aux nouvelles dispositions à prendre en vue de pouvoir arriver à équilibrer les finances de la Société.

M. le *Président*, reprenant l'examen du bilan de l'année écoulée, déposé à l'assemblée générale de décembre, fait remarquer que si la situation financière de la Société est loin d'être brillante, c'est par suite de la perte de quelques-uns des subsides de l'État. Dans ces conditions, il faut absolument proportionner les dépenses aux ressources, et il importe que le Bureau et le Conseil soient régulièrement tenus au courant de la situation, de manière à éviter tout nouveau mécompte. Il fait valoir, pour cela, que le Trésorier étant essentiellement un fonctionnaire d'exécution, il convient qu'il y ait à côté de lui un comité qui, régulièrement, examine la situation financière et propose, le cas échéant, telles mesures que les circonstances comportent.

Dans cet ordre d'idées, le Conseil a émis l'avis qu'il serait procédé périodiquement, tous les mois de préférence, à une vérification des comptes tant payés qu'à payer sur le budget en cours et que, trimestriellement, il serait établi une situation exacte de ce qui a été fait et de ce qui reste à faire pour l'année, en tenant compte du projet de budget établi pour l'exercice courant.

C'est sur ces bases, admises par l'Assemblée, qu'il est procédé à la nomination du Comité de vérification des comptes.

A l'unanimité, l'Assemblée désigne MM. *Bauwens*, *Lebon* et *de Busschere* pour faire partie de ce Comité (1).

---

(1) En réalité, la nomination du deuxième de ces collègues a été faite à la séance ultérieure, le 21 février, en remplacement d'un commissaire élu l 17 janvier, mais qui a décliné ultérieurement ces fonctions.

Présentation et élection de nouveaux membres effectifs.

Sont présentés et élus par le vote unanime de l'assemblée :

MM. CENTNER, PAUL, ingénieur, à Verviers.

LAMEERE, AUGUSTE, professeur à l'Université libre de Bruxelles, avenue du Haut-Pont, 10, à Bruxelles.

NOURTIER, ÉDOUARD, ingénieur-directeur du Service municipal des eaux de Roubaix et de Tourcoing, rue de Lille, 147, à Tourcoing.

PONCIN, JEAN, rue des Minières, 66, à Verviers.

PUECH, ARMAND, industriel à Mazamet, Tarn (France).

Communications :

BARON O. VAN ERTBORN. — **Étude critique et rectificative au sujet des interprétations données jusqu'ici aux sondages houillers de la Campine.**

Ce travail, accompagné de nombreuses coupes à grande échelle et de cartes, est résumé par M. *Van den Broeck*, qui expose comment, sans s'occuper en rien des échantillons des sondages, l'auteur, se basant sur la grande régularité d'allure de nos dépôts sédimentaires : secondaires et tertiaires, dans le Nord de la Belgique, est parvenu, grâce à une ingénieuse méthode de travail — basée sur l'établissement préalable d'un réseau de coupes, dressées de minute en minute géographique, suivant les méridiens et les parallèles, et amorcées, dans des régions connues, par des collines et des forages artésiens peu éloignés des forages houillers à l'étude — est parvenu, dit-il, à établir des *coupes probables*, fournissant, pour chacun des sondages houillers en Campine, des interprétations bien plus rationnelles et vraisemblables que celles publiées dans les *Annales des Mines*, basées sur les carnets des sondeurs et sur de mauvais échantillons étudiés par les géologues.

Les doubles séries de coupes géologiques exposées à la séance et exécutées, les unes strictement d'après les interprétations des forages de la Campine publiées dans les *Annales des Mines*, les autres d'après la méthode de travail adoptée par M. van Ertborn, permettent de se rendre compte, en toute évidence, de quel côté sont les interprétations rationnelles.

M. *Watteyne* n'a pas à prendre la défense des savants distingués qui ont bien voulu se charger de la besogne ingrate de l'interprétation géologique des renseignements, souvent vagues et sommaires, contenus dans les carnets des sondeurs et des rares échantillons, la plupart informes, fournis par ces sondages exécutés aux procédés rapides; ces messieurs sauront se défendre eux-mêmes s'ils le jugent opportun; mais, comme secrétaire des *Annales des Mines de Belgique*, il exprime ses regrets que, dans le travail qui vient d'être résumé, ou tout au moins dans les figures extraordinaires y annexées et que l'on voit exposées aux murs de la salle, on ait en quelque sorte caricaturé les tableaux des sondages de la Campine publiés par cette revue.

Il revendique l'initiative de cette publication et aussi celle d'avoir provoqué la détermination géologique, nécessairement provisoire, des indications des carnets. Il fait remarquer que les renseignements fournis par près de soixante-dix sondages sur cette région vierge seraient, sans cette publication, restés ignorés du public intéressé et perdus pour la science. Et il importait que cette publication eût lieu sans retard, car, non seulement, faite plus tardivement elle aurait perdu son utilité pour nos explorateurs du nouveau bassin, mais, par la disparition probable d'éléments d'appréciation, notamment des échantillons, le contrôle, si imparfait qu'il fût, de ces éléments l'un par l'autre n'aurait plus été possible. En faisant cette esquisse géologique, cette sorte de premier « débrouillage », au moment où le maximum d'éléments d'appréciation existait, MM. les géologues ont donc, à son avis, fait œuvre utile et méritoire.

Quant aux contradictions que l'on constate entre les interprétations données par des géologues différents, avec des idées scientifiques différentes, travaillant chacun de son côté sur des éléments imparfaits, ces discordances, soulignées et accentuées, dans le travail qui nous occupe, par des échelles disproportionnées des dessins et par des oppositions violentes de couleurs, même quand il s'agit de terrains de nature presque identique, elles se comprennent aisément. D'ailleurs, la publication dans les *Annales* a été accompagnée de nombreuses *réserves* sur les résultats fournis, réserves qui permettent de ne pas se tromper quant au facteur de sécurité de cette étude du sous-sol de la Belgique.

M. *Van den Broeck* s'empresse de dire qu'il est le premier, avec M. *van Ertborn* d'ailleurs, à rendre à M. *Watteyne* un très juste tribut de reconnaissance pour l'initiative qu'il a prise, et qui constitue certes le premier stade de l'œuvre synthétique entreprise en partie grâce aux données fournies par ces sondages.

M. Watteyne ne doit nullement croire, ajoute-t-il, que le travail de M. van Ertborn a pour but de jeter le discrédit sur les *Annales des Mines,* l'agrandissement d'échelle verticale des coupes présentées en séance et l'emploi de couleurs voyantes ayant été surtout adoptés pour faciliter l'*exposé oral.* Pour la publication, tout sera remis au point et dans la mesure que l'auteur jugera nécessaire à ses démonstrations scientifiques.

Quant aux couleurs, qui soulignent assez crûment certaines impossibilités mises en lumière par M. van Ertborn, elles seront, pour l'impression, remplacées par des *grisés*, n'ayant pas le même inconvénient.

Le but envisagé par l'auteur est, avant tout, de concourir aux progrès de nos connaissances, de montrer les inconvénients du système de sondages employé et le danger d'édifier des reconstitutions de coupes verticales de sondages — bases des grandes coupes régionales jalonnées par ces mêmes sondages - EXCLUSIVEMENT sur l'examen d'échantillons aussi mauvais, aussi défectueux que ceux recueillis dans le plus grand nombre des sondages de la Campine.

S'il y a un reproche à faire, il s'adresse moins à la vaillante et zélée direction des *Annales des Mines* qu'aux géologues qui, conscients, au moins en partie, de cet état défectueux des échantillons, n'ont pas cherché *ailleurs* le guide et les éléments de contrôle d'interprétations pouvant alors devenir beaucoup plus rationnelles.

La méthode de travail, si précieuse, utilisée par M. van Ertborn, a fait pour ainsi dire *complètement abstraction* des échantillons et des renseignements si peu sérieux des foreurs; elle a permis à la fois la démolition formelle d'une bonne partie des interprétations fournies par les géologues aux *Annales des Mines* et l'édification de *coupes probables* plus rationnelles.

Cette méthode, ajoute M. Van den Broeck, était à la portée et à la disposition de tout le monde, ne fût-ce que comme *mode de vérification* des interprétations basées sur l'examen des tristes échantillons que l'on sait. Pourquoi ne s'en est-on pas servi? Tel est le seul reproche qui émane du travail si consciencieux et si utile de M. van Ertborn.

A leur tour, d'ailleurs, une partie des « coupes probables » de notre confrère devront, sans doute, céder le pas à des interprétations plus précises encore, auxquelles certains géologues travaillent en ce moment à Liége, d'après les données, sérieusement utilisables cette fois, d'un certain nombre de forages exécutés, de haut en bas, d'après le système de la *prise d'échantillons en carottes intactes.* Il ne semble pas, malheureusement, qu'il y ait beaucoup plus d'une quinzaine de forages se trouvant dans ce cas.

A part ces données plus précises, — mais non encore publiées, — il convient, sans nul doute, de remplacer les interprétations provisoires fournies dans les *Annales des Mines* par celles modestement proposées par M. van Ertborn sous le titre de « coupes probables ».

La troisième et dernière étape de ces progrès successifs ne sera acquise que lorsque tous les sondages indistinctement seront *refaits* à l'aide des procédés permettant, de haut en bas, des prises convenables d'échantillons.

M. le *Président* estime que l'on est en présence d'un simple malentendu, et il pense être l'interprète de l'Assemblée pour reconnaître publiquement que, sans la ténacité et l'initiative dont M. *Watteyne* a fait preuve, bien des données fussent restées inconnues. Au surplus, les *Annales des Mines de Belgique* ne peuvent pas être rendues responsables des interprétations douteuses ou inexactes fournies par les géologues. Ceux-ci eux-mêmes ont été les victimes d'échantillons recueillis et fournis dans les conditions les plus défavorables qu'il soit possible d'imaginer. Peut-être, cependant, ne l'avaient-ils pas suffisamment mis en évidence.

M. *Mourlon*, reconnaissant la courtoisie apportée par M. van Ertborn dans son travail de critique, se félicite de la tournure que la question a prise et croit devoir assumer la responsabilité des interprétations données par le personnel du Service géologique.

Mais il observe que les allures bizarres des terrains représentées par l'auteur sont justement, dans les cas les plus apparents, relatives à des formations sur lesquelles on discute le plus et donnant lieu aux interprétations les plus opposées. Tel le cas des « sables de Moll », que M. van Ertborn assimile à la partie supérieure du Diestien. Ces allures étranges, si fortement mises en relief par l'exagération des échelles verticales de M. van Ertborn, résultent donc, parfois aussi, simplement de divergences apportées aux assimilations d'horizons géologiques, appréciées différemment dans des forages voisins. Aussi pense-t-il qu'il faut apporter beaucoup de prudence dans la critique des allures de terrains qui, ainsi, paraissent bizarres et qui ne sont parfois, en réalité, que le résultat d'interprétations géologiques différentes.

M. *Rutot*, de son côté, objecte qu'il ne voit aucune critique sérieuse à faire aux premiers géologues qui ont eu à débrouiller des échantillons impossibles à bien étudier et que, de plus, on tenait souvent soigneu-

sement cachés ; il a donc fallu tirer du triste matériel accessible aux géologues ce que l'on pouvait en obtenir de moins irrationnel, alors même que l'on se doutait que l'échantillonnage ne valait pas grand'chose et contenait de graves causes d'erreur.

Il se demande s'il y a utilité à voir l'auteur publier des coupes d'ensemble ou régionales telles que les fournit l'interprétation des résultats donnés dans les *Annales des Mines*.

Un échange de vues s'établit sur cette question, que M. le *baron Greindl* propose de résoudre en indiquant en pointillé toutes les parties des coupes dressées d'après les *Annales des Mines* et pour lesquelles les géologues ont fait des réserves.

Sur la proposition de M. le *Président*, le travail de M. *van Ertborn* sera soumis au Comité de publication et les observations faites en séance seront, au préalable, communiquées à l'auteur qui sera invité à donner toute satisfaction compatible avec le respect dû à la partie purement scientifique de son exposé.

Comte Ad. de Limburg-Stirum. — **Deux trouvailles dans les tourbières de l'Ardenne.**

Les tourbières de l'étranger, spécialement celles d'Irlande, sont célèbres par les découvertes qu'on y a faites. En Belgique, les tourbières du plat pays ont donné lieu à diverses trouvailles, mais jusqu'à ce jour on a signalé peu de chose dans les tourbières de l'Ardenne.

Pour notre part, nous n'avons entendu parler, pour les hauts sommets du Luxembourg, en dehors des restes végétaux, que de quelques objets de l'époque préhistorique dont le gisement est douteux.

Aujourd'hui nous avons l'honneur de mettre sous les yeux de la Société belge de Géologie deux pièces bien authentiquement ardennaises.

La première est une hache polie d'un silex que M. le baron de Loë croit originaire de Spiennes. Elle a été ramassée par un petit gardien de bétail, dans la forêt de Saint-Jean (Samrée), à la surface d'un terrain récemment aménagé pour la création d'une sapinière. Vraisemblablement, son gisement était à la surface du sol détritique inférieur, ou à la base de la tourbe. Celle-ci, en effet, avait été exploitée complètement ; des rigoles d'assèchement, profondes de 1 mètre environ, et des fosses pour la plantation des arbres, mélangeaient les éléments du sous-sol à ceux d'origine végétale. Il est donc impossible de préciser d'une façon absolue le niveau de notre hache.

La tourbière en question est située au fond d'un vallon, au lieu dit « Bois de Villez ». Elle forme la partie inférieure, le déversoir pourrait-on dire, d'une vaste fange en pente, qui a échappé à tous les cartographes, à commencer par les auteurs de la Carte du Dépôt de la guerre. Au milieu coule le ruisseau émissaire de la tourbière supérieure; il serait donc possible que le dépôt sous-jacent fût de nature alluviale.

Quoi qu'il en soit, et bien qu'on puisse admettre à la rigueur qu'un objet lourd comme un silex puisse s'enfoncer à travers la tourbe, celui-ci témoigne plutôt en faveur de l'origine très récente de la tourbe ardennaise.

L'autre pièce est la partie dorsale d'un animal de moyenne taille. Elle a conservé non seulement les vertèbres et les côtes, mais encore les muscles, la graisse et les poils avec leur couleur brune. Elle a été découverte en pleine tourbe dans une exploitation; les entailles qui la sectionnent suivant deux directions perpendiculaires sont les coups de bêche des ouvriers qui façonnent la tourbe en gâteaux carrés. Comme ce débris nous a été remis plusieurs jours après sa découverte, il nous a été impossible de nous procurer le reste de l'animal.

C'est, croyons-nous, la première fois en Belgique qu'un animal fossile est recueilli en état de conservation parfaite. L'acide tannique a transformé les tissus en adipocire (1) et en a fait une véritable pièce d'anatomie; le présent échantillon séjourne depuis plusieurs années dans une bibliothèque sans qu'aucune précaution ait été prise pour assurer sa conservation. On remarquera que les tissus osseux eux-mêmes ont été transformés par le séjour dans la tourbe jusqu'à devenir malléables et à se contourner complètement.

Un premier examen nous a fait attribuer ces restes à un renard. M. de Pauw, qui a bien voulu leur donner un coup d'œil, a confirmé cette détermination.

Une question se pose tout d'abord au sujet de ce débris : quel est son âge? Il est malheureusement impossible de répondre à cette question.

Toutefois, il doit être très ancien. La personne qui l'a recueilli a dit qu'il était à plus de 1 mètre de profondeur dans la tourbe. Or, on sait que la tourbe, bien qu'on exagère la lenteur de sa formation, ne se forme pas avec une bien grande rapidité dans notre pays, et surtout dans la fange d'où provient le fossile — on peut lui donner ce nom — soumis à votre examen.

---

(1) DE LAPPARENT, *Traité de géologie*, 4e éd., p. 351.

Il a été trouvé, en effet, dans une haute fange bien caractérisée, celle qui se trouve entre la Baraque de Fraiture et le village des Tailles, à l'altitude de 600 mètres. Certaines de ces fanges des plateaux, encore vierges de toute exploitation, semblent ne plus s'accroître du tout et être arrivées à un point mort de leur évolution. Celle-ci, en effet, n'offre plus à sa surface les végétations caractéristiques de la formation tourbeuse, les sphaignes, les joncs et les carex, mais seulement des herbes fines et de la bruyère. Non seulement elle comble la dépression du plateau où elle a pris naissance, mais elle forme un renflement appréciable (1). Il est fort naturel dans cette dernière circonstance que l'humidité diminue, que la végétation se transforme et que la formation tourbeuse se ralentisse jusqu'à s'arrêter complètement.

A ce point de vue, la tourbière de vallée d'où provient la hache néolithique et celle de Samrée qui lui fait suite sont des formes bien différentes des hautes fanges de Fraiture et du plateau de Spa.

De toutes les circonstances que nous venons d'énumérer, il résulte que notre renard, sans qu'aucune appréciation puisse être établie, remonte certainement à une très haute antiquité.

La présence d'outils néolithiques à la base de la tourbe, si elle était confirmée par d'autres découvertes, nous porterait à croire qu'elle a commencé à se former à une époque relativement récente. Lorsqu'on étudie le sol sur lequel se sont formées les fanges, on trouve presque toujours le complexe de roches sous-jacentes désagrégées qui recouvre tout le pays. Dans les vallées, il y a des dépôts d'alluvion graveleuse ou de brèche ferrugineuse sans date. Cependant, dans certaines exploitations, on trouve à la base des troncs de chêne dont la partie inférieure est restée verticale. Ils paraissent antérieurs à la formation tourbeuse. Autant qu'on peut en juger après un ensevelissement séculaire, ils ont été abattus à la cognée. Ce serait encore une présomption de l'origine post-quaternaire de nos fanges.

Si ce point était acquis, resterait à chercher pour quelle cause elles ne se sont pas formées plus tôt. L'établissement d'un régime humide succédant à un régime sec doit être la cause immédiate de la formation des tourbières. A la fin des temps quaternaires, l'extension de la mer du Nord jusqu'au Pas-de-Calais, la surrection ultime de l'Ardenne peuvent avoir été des raisons suffisantes d'un changement climatérique. Il serait oiseux de le discuter dans l'état actuel de nos connaissances.

---

(1) Sur le gonflement des tourbières, cf. de Lapparent, *loc. cit.*

Cependant, on voit que les données relatives à la formation de la tourbe sont d'un grand intérêt. Trop peu de documents existent en cette matière.

Une commission a été instituée il y a quelques années pour l'assainissement des fanges. Ses études pourraient, outre le but utilitaire qu'elle poursuit, nous procurer aussi des renseignements scientifiques. Elle devrait tout au moins faire recueillir soigneusement les objets découverts dans les marais asséchés sous sa direction.

M. le *Président* remercie M. le comte de Limburg-Stirum pour son intéressante communication et, sur la proposition de M. le *Secrétaire général*, la Société transmettra à M. le Ministre de l'Agriculture le vœu, émis par l'auteur, de faire recueillir soigneusement les objets découverts dans les marais asséchés sous la direction de la Commission instituée pour l'assainissement des fanges.

A. Rutot. — **Sur la présence de l'assise de Herve dans le sous-sol de Bruxelles.**

M. F. Halet nous a récemment donné la coupe du puits artésien creusé en 1904 au Gros-Tilleul, à Laeken, d'après la belle série d'échantillons recueillie par le sondeur, M. Delecourt-Wincqz, et déposée au Musée royal d'Histoire naturelle.

Dans sa description des couches crétacées, M. F. Halet signale, sous la base du Landenien marin, la craie blanche, puis, vers le bas, une craie argileuse, grise.

La craie blanche commence à la profondeur de 146 mètres et continue à se montrer, sans changement, jusque 164 mètres, soit sur 18 mètres.

C'est à partir de 164 mètres que la craie devient grise et marneuse, et elle paraît conserver à peu près le même facies jusque 170^{m}80, profondeur à laquelle apparaît un gravier très accentué, formé de petits galets de quartz et de roches primaires, qui constitue la base du Crétacé.

La craie blanche supérieure est douce et traçante, elle renferme des silex noirs ou plutôt gris foncé, et l'on sait depuis longtemps qu'elle renferme assez communément des débris de *Belemnitella mucronata* et d'*Echinocorys vulgaris*.

On sait aussi que cette craie blanche passe insensiblement vers le bas à une craie grise, marneuse, assez grossière, et rude au toucher à la base.

Aucune ligne de démarcation n'avait jamais été signalée entre les deux facies crayeux, et l'avis général était qu'il y avait transition insensible du facies blanc, pur, au facies gris marneux, puis rude.

Enfin, vers 1883, au moment où l'on s'occupait le plus de toutes ces questions, l'on croyait généralement que, dans le massif crétacé du Limbourg, il y avait transition insensible entre la craie blanche et le Hervien, de sorte que l'on était tenté d'admettre comme Hervien le facies gris du Crétacé sous Bruxelles.

Depuis lors, M. J. Purves et moi avons démontré — et l'excursion faite dans les environs d'Aix-la-Chapelle, en 1896, a montré le bien fondé de cette manière de voir — qu'entre l'assise de Nouvelles et l'assise de Herve il existe, aussi bien dans le Limbourg que dans le Hainaut, une ligne de démarcation très nette avec gravier et ravinement, de sorte que l'hypothèse de la présence du Hervien sous Bruxelles ne pouvait plus se soutenir.

M. F. Halet ayant demandé à notre confrère J. Cornet son avis au sujet de la craie grise existant sous la capitale, celui-ci a, paraît-il, répondu qu'elle pourrait représenter le Turonien.

Surpris d'une semblable hypothèse, j'ai voulu étudier moi-même la question, en revoyant avec attention la série des échantillons du puits artésien du Gros-Tilleul, à Laeken, et voici le résultat de cet examen :

D'abord, la transition de la craie blanche à la craie grise marneuse se fait de manière insensible par mélange à la craie blanche d'une assez forte proportion d'argile et de grains fins de glauconie.

Déjà à 165 mètres l'aspect devient plus rude.

Entre 167 et 168 mètres, la roche très argileuse, mais à grain rude, renferme des concrétions de pyrite, puis, entre 168 et 169 mètres, la craie devient plus friable, un peu glauconifère, et elle renferme d'abondants gros grains de quartz blanc formant gravier de base.

Entre 169 et 170 mètres, la roche n'est plus de la craie, c'est une sorte de sable calcareux et un peu argileux, friable, se réduisant en poussière sous la pression du doigt. L'échantillon contient de petits grains de glauconie et un fragment bien reconnaissable de *Belemnitella mucronata*.

Enfin, de 170 mètres à 170^{m}80, la roche reste la même, friable, mais elle fournit un fragment appartenant certainement à *Belemnitella quadrata*, en raison de la granulation caractéristique du test bien conservé.

Or, on sait que le mélange de *Belemnitella mucronata* et de *Belemnitella quadrata* caractérise l'assise de Herve. Du reste, même en l'absence

de fossiles, les déterminations auraient pu se faire avec sécurité d'après ce que l'on sait de la constitution des massifs crétacés du Brabant et du Limbourg, dans la région des affleurements : vallée de la Méhaigne et environs d'Aix-la-Chapelle.

En effet, pour ce qui concerne le Limbourg, nous avons pu montrer, en 1896, d'abord dans la vallée du Geer, que, sous la masse du Maestrichtien et de la craie de Spiennes, limitée à sa base par une ligne de gravier avec ravinement, se montre une craie blanche, traçante, qui est la craie d'Heure-le-Romain, exact équivalent de la craie de Nouvelles, à *Magas pumilus*.

Vers Aix-la-Chapelle, nous retrouvons la même craie au sommet du Schneeberg, tandis qu'au sommet du Friedrisch Berg, voisin, de plus faible altitude, nous rencontrons la même craie blanche, mais avec un aspect plus marneux, grisâtre, et quelques points de glauconie. Les fossiles sont encore *Belemnitella mucronata* et *Magas pumilus*.

En descendant la pente du Friedrisch Berg, nous observons la craie, devenue marneuse avec points de glauconie plus nombreux, sans silex, et enfin, vers le pied de la colline, un chemin creux nous a montré, d'abord vers le haut, la craie marneuse se chargeant rapidement de glauconie, au point de former un gros banc vert foncé, friable, et bientôt en dessous apparaît un mince lit de gravier constitué de petits galets de quartz. Ce gravier sépare directement, en le ravinant, le sommet du sable jaune, peu glauconifère, d'émersion de l'assise de Herve. Dans le banc de glauconie surmontant le gravier, *Belemnitella mucronata* est rencontrée.

A l'excursion, M. le Dr Holzapfel, comme moi-même, avons admis que le groupe crayeux compris entre les assises de Spiennes et de Herve, composé de la craie d'Heure-le-Romain au sommet, de la craie grise marneuse au milieu et du lit de glauconie avec gravier à la base, est l'exact équivalent de l'assise de Nouvelles; la craie d'Heure-le-Romain correspondant à la craie de Nouvelles proprement dite et la craie marneuse, avec glauconie et gravier à la base, se parallélisent à la craie d'Obourg, avec gravier à la base.

De même, dans la vallée de la Méhaigne, entre Fallais et Eghezée, des superpositions semblables peuvent s'observer et la seule différence réside en ce que, à cause de la position plus littorale de la craie d'Obourg, bien que pointillée de glauconie, elle ne devient guère marneuse, mais le plus souvent rude au toucher. Ce n'est que plus haut, au niveau de la craie de Nouvelles, que la craie devient pure et fine.

Dans le chemin creux près du moulin de Velu-Pont (1), dont j'ai donné la coupe dans le travail cité ci-dessous, on voit, de haut en bas :

	Mètres.
A. Terrain détritique rempli d'éclats de silex provenant de la dissolution de couches de craie disparues. .	0.80
B. Craie blanche avec points de glauconie et quelques rognons de silex noir	0.30
C. Craie argileuse ou marneuse, glauconifère, avec un petit banc durci	1 00
D. Lit graveleux avec gros grains de quartz, fragments de calcaire grossier durci et *Belemnitella mucronata* .	0.05
E. Sable glauconifère calcareux, meuble vers le bas, un peu argileux vers le haut et renfermant *Belemnitella mucronata* et *Belemnitella quadrata*. . . .	2 50
F. Schiste primaire altéré.	

Or, il n'est pas douteux que c'est au massif crétacé du Brabant-Limbourg qu'appartient le biseau de couches crétacées qui, venant du Nord, vient se réduire rapidement et disparaître sous Bruxelles.

Il n'y a donc rien d'étonnant, au contraire, que ce qui se passe à l'Est se passe aussi sous Bruxelles, et c'est bien ce que nous voyons se produire.

Sous Bruxelles, — ou plutôt au Nord de Bruxelles, — nous voyons donc, comme dans la vallée de la Méhaigne et dans le Limbourg hollandais, depuis Maestricht jusqu'à Aix-la-Chapelle, dans l'assise de Nouvelles, au sommet une craie blanche, traçante, épaisse, passant vers le bas à une craie grise marneuse, que C. Ubaghs avait déjà fait connaître depuis longtemps, craie marneuse devenant plus ou moins glauconifère vers le bas et se terminant par un gravier de galets de quartz blanc.

Enfin, à Bruxelles comme à Velu-Pont, comme aussi aux environs d'Aix-la-Chapelle, le gravier de base de la craie marneuse repose sur les couches herviennes, variables selon la région et qui, à Velu-Pont, ressemblent déjà presque complètement à ce qui a été rencontré au sondage du Gros-Tilleul, à Laeken.

En conséquence, j'estime que les couches de ce sondage comprises entre 146 et 172 mètres pourront recevoir la détermination suivante :

---

(1) Voir RUTOT, *Première note sur la faune des couches sénoniennes inférieures de la vallée de la Méhaigne* (BULL. DE LA SOC. BELGE DE GÉOL., DE PALÉONTOL. ET D'HYDROL., t. X, 1896).

ASSISE DE NOUVELLES.	DE	A	ÉPAISSEUR.
	Mètres.	Mètres.	Mètres.
Craie de Nouvelles ou de Heure-le-Romain, pure, blanche	146.00	164 00	18.00
Craie d'Obourg, ou craie marneuse glauconifère du Limbourg, grise, marneuse, légèrement glauconifère	164.00	168.00	4 00
Craie grossière, graveleuse, avec nombreux gros grains de quartz, base de la craie marneuse	168 00	169.00	1.00
ASSISE DE HERVE.			
Sable marneux gris, un peu glauconifère, avec un fragment de *Belemnitella mucronata* et un fragment de *Belemnitella quadrata*	169.00	170.80	1.80
Gravier de grains de quartz et autres roches primaires	170 80	173 50	2.70
TERRAIN PRIMAIRE.			

L'étude des échantillons du sondage du Gros-Tilleul, à Laeken, acquiert ainsi une importance spéciale, grâce à un échantillonnage soigné et suffisamment serré pour que les principaux faits stratigraphiques ne puissent échapper à l'observateur, ce qui arrive malheureusement à peu près quatre-vingt-dix fois sur cent.

M. *E. Van den Broeck* résume ensuite le travail de M. le professeur E. DUBOIS, intitulé :

Note sur une espèce de cerf d'âge icénien (Pliocène supérieur) : CERVUS FALCONERI Boyd Dawk. trouvée dans les argiles de la Campine.

La planche photographique envoyée par l'auteur représente divers fragments d'andouillers recueillis à la base du banc d'argile exploité sur environ 4 mètres à Ryckevoorsel, dans la Campine anversoise, argile qui, dans les levés de la Carte géologique, est rapportée au Quaternaire moséen.

Le travail descriptif de M. le professeur *Dubois* considère ces fragments comme entaillés et séparés par le travail d'exploitation et les rapporte, en se basant notamment sur la grande distance qui sépare l'andouiller basilaire de la meule et sur divers autres caractères, à un cerf *pliocène* du Cromerien : le *Cervus Falconeri* Boyd Dawkins.

Dans une note qui accompagne son travail, M. Dubois croit pouvoir rapporter à une nouvelle espèce de cerf pliocène : *Cervus rhenanus*, qu'il vient de décrire de l'argile « cromerienne » de Tegelen, près Venlo, deux autres fragments de bois de cerf trouvés naguère dans une briqueterie située à 2 kilomètres au Nord de Vlimmeren, aussi à 4m50 sous le toit d'une argile s'identifiant avec celle de Ryckevoorsel; ces fragments ont été figurés par MM. P. Cogels et O. van Ertborn dans leur préface d'*Anvers à travers les âges* (Le sol d'Anvers et l'Escaut).

Cela doterait la base de nos argiles de la Campine de deux espèces de cerfs pliocènes.

L'exposé de M. Dubois est accompagné d'une Note de présentation de M. van Ertborn dont, en l'absence de notre confrère, M. le *Secrétaire général* donne lecture, conformément au texte ci-dessous :

J'ai l'honneur de déposer, au nom de notre collègue, M. Eug. Dubois, professeur à l'Université d'Amsterdam et Conservateur au Musée Teyler, à Haarlem, un mémoire intitulé : *Sur une espèce de cerf de l'Icenien (Pliocène supérieur)*, Cervus Falconeri Dawk., *trouvée dans les argiles de la Campine.*

La détermination de ce fossile, trouvé dans la briqueterie de M. le sénateur Cools, à Ryckevoorsel, Campine anversoise, est de la plus haute importance pour la Géologie belge.

La science est fixée sur l'âge des argiles de la Campine et des sables compris entre elles et l'Étage poederlien. Elles sont Pliocène supérieur.

La lacune que l'on croyait exister en Belgique à la partie supérieure du Pliocène est ainsi comblée.

Les brillantes découvertes du savant professeur à Tegelen (Campine néerlandaise) sont complétées et confirmées par les restes de *Cervus Falconeri* trouvés à Ryckevoorsel.

On jugera de l'importance de ces faits lorsqu'on saura qu'en Belgique septentrionale ces dépôts occupent une superficie de 150,000 hectares, soit d'une demi-province.

M. Dubois a joint à son mémoire les plaques pour le tirage des planches.

Adressons-lui nos sincères remerciements pour la détermination qu'il a bien voulu faire du précieux fossile. Rendons aussi hommage à la bienveillance de la Direction des Musées royaux des Arts décoratifs et industriels, qui, propriétaire du bois de Cervidé, a bien voulu le mettre à notre disposition. Qu'elle veuille bien agréer l'expression de toute notre gratitude.

Pour les collègues peu familiers avec l'échelle stratigraphique anglaise, nous reproduisons ici celle du Pliocène supérieur et moyen, dressée par notre confrère, le Dr Harmer, membre de la Société.

Cromerien . .	Appelé « Forest-Bed » de Cromer et du littoral de Kessingland. Dépôts d'estuaire et d'eau douce. Zone à *El. meridionalis*.	
Icénien . . .	Crag de Weyburn et de Belangh-Marin. Couches de Chillesford. Dépôts d'estuaire. Crag de Norwich.	
Butley . . .	Crag de Butley et de Bawdsey .	Amstelien (partie supérieure).
Newbournien.	Crag de Newbourn et de Suttow.	Amstelien (partie inférieure).
Waltonien. .	Crag de l'Essex. Oakley et Walton.	Poederlien et Scaldisien.

L'Assemblée décide l'impression aux *Mémoires* de la Note de M. le professeur Dubois, avec la planche qui l'accompagne.

M. *Van den Broeck* estime que les avis sont encore partagés sur l'âge exact du Cromerien et signale les réserves avec lesquelles il faut accueillir les déclarations si formelles faites par M. van Ertborn. M. Clément Reid, l'un des spécialistes les plus compétents, considère le Cromerien comme d'âge pliocène incontestable. Si la faune de Tegelen n'est pas identique à celle de Cromer, cela peut dépendre de questions de latitude et de climat. Cromer, en effet, est plus au Nord et était plus exposé aux influences réfrigérantes des eaux glacées d'une mer ouverte dans la direction du Nord. Tegelen peut être de même âge, sans pour cela devoir présenter une parfaite identité de faune.

M. *Rutot* ne considère pas la question de cette façon et il admet d'ailleurs que le Cromerien représente sans conteste la partie supérieure du Pliocène. On ne peut nullement affirmer, dit-il, que les argiles de Tegelen soient l'équivalent du Cromerien; dans la faune indiquée par M. le professeur Dubois, il ne reconnaît pas les éléments permettant de la rapporter sûrement à celle du dépôt anglais; l'*Elephas meridionalis* y manque d'ailleurs. D'autre part, il croit que les argiles de la Campine et de Tegelen sont tout simplement l'équivalent du Moséen des vallées, la faune pouvant tout aussi bien représenter celle de l'*Elephas antiquus* que celle du Cromerien.

M. *Van den Broeck* fait observer qu'à Tegelen, l'absence d'*Elephas meridionalis* peut s'expliquer par de simples conditions d'ambiance. La

question d'*habitat* a son importance au point de vue de l'absence ou de la présence de fossiles caractéristiques. Il est certain, dit-il, que M. Dubois s'est basé sur une faune et sur une flore dont le caractère pliocène ne paraît guère discutable. Si, à Tegelen, manquent certaines espèces du gisement de Cromer, c'est sans doute qu'il y avait, à la latitude de Tegelen, grâce aux conditions géographiques de la région, une température différente : la présence de quelques espèces végétales paraît en fournir la preuve.

La communication de l'auteur a surtout pour résultat de montrer l'intérêt qu'il y a pour nous à étudier soigneusement la faune et la flore des argiles de la Campine, et actuellement, grâce aux soins de M. van Ertborn, des ordres sont donnés pour que les résultats des recherches ne soient plus perdus pour la science.

Reste un point capital à élucider : les fragments d'andouillers de cerf pliocène trouvés *à la base* des argiles de Ryckevoorsel s'y trouvaient-ils à l'état de vestiges *remaniés* ou de débris fauniques *in situ* et appartenant à l'argile? Là est un des principaux nœuds de la question, car la conviction personnelle de tel ou de tel géologue ne constitue pas une preuve, surtout quand il s'agit de vestiges fossiles non recueillis en présence de personnes compétentes. La question de gisement reste donc entière.

G. Simoens. — **Deuxième note sur la tectonique de la vallée de la Senne.**

Dans une note intitulée : *Sur l'absence de faille dans la vallée de la Senne et sur quelques questions relatives à l'échelle stratigraphique du Paniselien*, notre savant confrère M. Rutot rencontre d'abord les conclusions que j'ai émises au sujet des mouvements dynamiques dont le sous-sol de la vallée de la Senne me semble avoir été l'objet, et ensuite, l'opinion formulée par deux de nos estimés confrères, MM. Lejeune et Halet, sur l'argile *P1m* qui représente la base du Paniselien, argile considérée par ces derniers comme non lagunaire et admise depuis longtemps par M. Rutot comme étant d'origine poldérienne.

Malgré tout l'intérêt qui s'attache à la solution de ce dernier problème, tant pour la compréhension du facies lagunaire de nos terrains tertiaires que pour la connaissance plus précise des transgressions et régressions marines éocènes du Brabant, je ne m'y arrêterai pas et laisserai à mes sympathiques confrères plus haut cités la tâche de

reprendre, s'ils le jugent nécessaire et avec tout le soin que l'on sait, l'étude de l'échelle stratigraphique du Paniselien. Je me contenterai de répondre ici, si mon éminent collègue m'y autorise, aux objections qu'il a présentées à ma manière de voir consignée dans ma dernière communication.

Un moment, je pensai laisser sans réplique, et cela n'eût surpris personne, les arguments si empreints de l'autorité scientifique que nous reconnaissons tous au savant conservateur du Musée de Bruxelles; cependant, je craignis que mon silence ne fût mal interprété, et cela d'autant plus que M. Rutot le tout premier se fût alarmé à la pensée que, malgré ses admirables travaux, on pût lui prêter l'idée d'avoir tenté de fixer définitivement la science sur ce sujet si complexe qu'est la géologie de la vallée de la Senne.

Il eût protesté énergiquement contre mon attitude, qui n'eût été, en somme, qu'une passive négation de toute observation nouvelle ou peut-être, ce qui est plus grave encore, une tentative en vue de barrer la route à l'évolution des idées qui domine et qui éclaire toute notre évolution organique.

La note de notre collègue débute ainsi : « Ce qui a fort étonné M. Rutot, c'est le travail de M. Simoens, qui, partant de l'existence certaine de la faille, se met à nous expliquer le mécanisme de sa formation d'une manière aussi ingénieuse qu'inutile. » Cette première phrase mérite assurément qu'on s'y arrête un instant. Je me permettrai d'abord de faire remarquer que je n'ai pas inventé la faille de la vallée de la Senne.

Depuis bien longtemps, la structure si particulière que présente chacune des deux rives de la rivière avait engagé tous les géologues qui s'étaient occupés de cette intéressante région à adopter l'idée d'une faille, et cette idée n'aurait certes pas cessé de prévaloir si l'on ne s'était heurté, en l'adoptant, à ce qui paraissait être, jusqu'en ces derniers temps, une évidente impossibilité. Admettre une faille ayant joué postérieurement au dépôt des couches, c'était admettre, en effet, l'existence d'une dénivellation mettant le Bruxellien en contact avec le Paniselien; mais une fois admise, cette dénivellation : 1° n'expliquait pas l'absence à peu près totale du Paniselien sur la rive droite ni le départ, sauf de rares lambeaux, du Bruxellien sur la rive gauche de la Senne; 2° cette dénivellation semblait ne pas se poursuivre dans l'Ypresien sous-jacent.

Conclusion : à la suite de ces deux difficultés, la théorie de la faille dut être forcément abandonnée, et l'on se trouva dans la nécessité d'ad-

mettre, quelque invraisemblable qu'elle pût paraître à d'aucuns, l'hypothèse considérant l'emplacement de la vallée de la Senne comme étant d'abord le rivage d'une mer se poursuivant à l'Ouest, et de suite après, la rive d'une deuxième mer s'étendant vers l'Est.

C'est à la solution de cette difficulté presque insurmontable que s'attacha M. Rutot, et dans ce livre remarquable qu'est l'*Explication de la feuille de Bruxelles*, il fournit une interprétation si lumineuse qu'elle reste aujourd'hui, après un quart de siècle, le pivot de la géologie de la vallée verdoyante, aux eaux capricieuses où s'abritèrent certains jours les premiers habitants de la capitale du pays.

Cependant, il faut bien le reconnaître, cette conception des deux mers s'arrêtant en sens inverse à peu près aux mêmes points n'était pas sans présenter quelques difficultés, et dans ma dernière communication j'ai tenté timidement de montrer que l'opinion présentée dans l'*Explication de la feuille de Bruxelles* ne pouvait que difficilement s'harmoniser avec les vues de l'auteur d'un travail bien plus considérable encore, à cause de sa portée plus générale : *Les phénomènes de la sédimentation marine étudiés dans leurs rapports avec la stratigraphie régionale*.

Ainsi donc, dans mon précédent travail sur la vallée de la Senne, après avoir montré l'impossibilité de concilier les vues particulières exposées dans l'*Explication de la feuille de Bruxelles* avec les idées plus générales du même auteur sur la sédimentation marine, j'ai essayé d'écarter les difficultés énumérées plus haut et qui s'opposaient précédemment à l'adoption de la théorie invoquant la faille de la vallée de la Senne.

Mon intervention fut, dès lors, parfaitement logique; j'ai pensé émettre une idée dont on eût pu se servir peut-être dans la suite, et cela s'est vu.

M. Rutot ayant néanmoins déclaré mon explication inutile, et cela en m'opposant la sienne, je me vois dans la nécessité d'établir qu'il y a contradiction manifeste entre M. Rutot, auteur de l'*Explication de la feuille de Bruxelles*, et M. Rutot, auteur des théories de la sédimentation marine. Aujourd'hui, notre savant confrère semble s'en tenir définitivement au texte explicatif de la feuille de Bruxelles; d'autre part, les idées que j'ai exposées trouvent leur origine dans les phénomènes de la sédimentation appliqués par MM. Rutot et Van den Broeck à nos terrains tertiaires. Je vais donc essayer de défendre M. Rutot de 1883 contre M. Rutot d'aujourd'hui. Que dis-je, je suis heureux de pouvoir apporter ici mon tribut d'hommages aux auteurs de la théorie de la sédimentation.

Cette théorie, jadis, exerça sur mon esprit une influence considérable. La lecture attentive de l'œuvre de mes aînés confrères fut pour moi une admirable introduction à l'étude de la stratigraphie, elle orienta mon esprit d'une manière décisive, et la géologie m'apparut dès lors comme une science pouvant unir la simplicité à la souveraine grandeur. Et plus tard, ce fut avec un réel plaisir que je vis cette théorie, qui avait exercé sur moi une si salutaire influence, ne pas passer inaperçue auprès du savant auteur de l'*Antlitz der Erde.*

Ce dernier, dans son remarquable livre, attire en effet l'attention sur le travail de nos savants collègues, ainsi que sur les conséquences d'un principe qui a servi de base aux idées que j'ai exposées récemment et que je compte encore défendre aujourd'hui. Il résulte de ce qui précède que, quoi qu'il arrive de ce débat, notre sympathique contradicteur ne saurait avoir tout à fait tort.

M. Rutot reconnaît tout d'abord qu' « en effet, avant 1880, il a été question de la faille lorsque, en présence de quelques observations rudimentaires, on constatait des différences de superpositions sur les deux rives de la Senne ». « Mais — ajoute M. Rutot — depuis 1880, les levés géologiques à grande échelle, accompagnés de nombreux sondages et d'observations en profondeur, ont été effectués, et dès 1883, des coupes précises ayant été établies, l'hypothèse de la faille a été écartée définitivement comme contraire aux faits existants. »

« Il suffit — dit M. Rutot — de consulter la feuille au $^1/_{20\,000}$ », et notre éminent confrère nous renvoie à la feuille de Bruxelles, ainsi qu'à certains passages de son Texte explicatif; nous y reviendrons bientôt; mais, avant d'aller plus loin, ne peut-on pas se demander à quels faits M. Rutot fait allusion quand il nous dit : « l'hypothèse de la faille a été écartée définitivement comme contraire aux faits existants »?

Ce ne sont évidemment pas les lambeaux de Bruxellien rencontrés sur la rive gauche ni les vestiges de Paniselien trouvés sur la rive droite de la rivière qui sont des faits de nature à écarter l'hypothèse d'une faille; bien au contraire, j'estime que ce sont des arguments sérieux en faveur de son adoption, comme nous le verrons dans la suite.

Les seules raisons qui firent abandonner l'hypothèse de la faille *telle qu'on la concevait avant la publication de mon dernier travail,* sont, comme je l'ai dit déjà, les suivantes :

Une faille mettant en regard l'un de l'autre sur les deux rives de la rivière les deux termes si différents du Tertiaire inférieur et moyen que nous connaissons n'expliquait pas :

1° La non-existence d'une dénivellation très sensible au sein de l'Ypresien sous-jacent;

2° La disparition, sauf de rares lambeaux, du Paniselien sur la rive droite et du Bruxellien sur la rive gauche.

Or, l'explication que j'ai fournie réduit à néant ces impossibilités; il a suffi pour cela de considérer la faille comme un phénomène dynamique non point postérieur au dépôt des couches sédimentaires, mais bien au contraire contemporain de celui-ci.

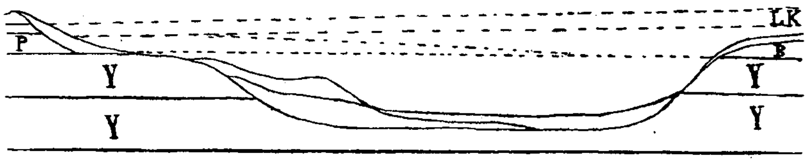
Mais M. Rutot renvoie à la feuille de Bruxelles au $^1/_{20\,000}$ et au texte qui l'accompagne « pour reconnaitre, conformément à l'explication des planches données en face, la continuité du biseau bruxellien sur la rive gauche de la Senne entre Laeken et Vilvorde ».

« Un examen du texte et de la carte — ajoute M. Rutot — aurait fait voir qu'à l'Est du parc royal de Laeken, plusieurs sondages avaient permis de constater, à Neder-Leest, des superpositions directes de Laekenien sur le Bruxellien et de celui-ci sur le Paniselien. »

« Quant aux diagrammes, — dit notre éminent confrère, — plusieurs d'entre eux sont établis expressément pour montrer la parfaite continuité des biseaux, sans la moindre dénivellation d'une rive à l'autre. »

Mais en admettant à l'endroit indiqué la parfaite continuité des biseaux, je ne vois pas en quoi elle pourrait infirmer l'existence d'une faille. Ces biseaux, que je n'ai aucune peine à admettre, quoiqu'ils soient d'une observation plutôt difficile, sont interprétés par M. Rutot et par moi-même d'une manière très différente.

Ces biseaux, dont l'existence est affirmée par mon savant confrère et figurés comme ci-après :



LK Laekenien. B Bruxellien. Fig. 1. Échelle : long. $^1/_{40\,000}$. P Paniselien. Y Ypresien.

indiquent, d'après lui, la limite extrême des deux bassins marins qui se sont succédé dans le temps au centre de notre pays. Ainsi le biseau paniselien marque le rivage paniselien, et le biseau bruxellien nous montre, dans la pensée de M. Rutot, l'endroit où le flot éocène moyen venait mourir sur le continent.

On sait, d'autre part, que, conformément à la théorie de la sédimentation marine, MM. Rutot et Van den Broeck ont construit le diagramme suivant, qui schématise leur conception du cycle sédimentaire.

On remarque de suite que le biseau, dans le cas présent, indique bien l'envahissement maximum de la mer, celle-ci poussant devant elle son cordon littoral essentiellement graveleux ; l'envahissement se prolongeant, les sables recouvrent bientôt les graviers et la mer avan-

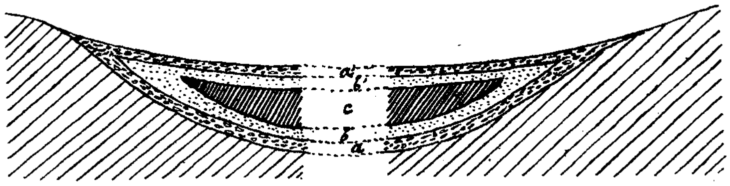


FIG. 2.

a a' Enveloppe extérieure de gravier, composée en bas du *gravier d'immersion* (*a*) et en haut du *gravier d'émersion* (*a'*).

b b' Enveloppe intérieure sableuse, formée de sables de plus en plus fins à mesure qu'on s'approche du centre.

c Noyau argileux dont les parties les plus fines et les plus pures occupent le centre.

çant toujours, les argiles qui se déposent habituellement loin du rivage, à la faveur d'un calme relatif, se superposent aux sables. Il en résulte qu'il existe une relation étroite entre la nature du dépôt et la distance relative de celui-ci à la côte et aussi entre ces premières données et la profondeur bathymétrique à l'endroit considéré. D'une manière générale, on peut dire que si l'argile représente le facies d'éloignement maximum de la côte, elle constitue en même temps le facies de profondeur maximum, attendu que la mer ne peut s'avancer vers le continent qu'en élevant son niveau par rapport à la terre ferme.

Vouloir assimiler les biseaux paniselien et bruxellien des environs de Bruxelles aux biseaux théoriques à éléments graveleux des cycles sédimentaires, c'est affirmer que l'emplacement de ces biseaux représente le maximum d'extension des mers de cette époque et que l'eau de celles-ci ne s'est jamais élevée en ces endroits de manière à y permettre, par-dessus les éléments graveleux de l'extrémité du biseau actuel, les dépôts sableux et argileux des mers plus profondes et, par contre, plus étendues.

Or, il m'est impossible d'accepter cette interprétation. Là où notre savant collègue voit un biseau limite de dépôt, je vois, au contraire, un biseau d'abrasion marine, c'est-à-dire que ces endroits, considérés par M. Rutot comme les points d'extension maximum de l'océan, ne sont, pour moi, que les limites de l'abrasion maximum d'une mer consécutive dont les sédiments recouvrent aujourd'hui le biseau.

Le diagramme ci-dessous montre nettement la conception que nous avons l'un et l'autre de la nature des biseaux tertiaires des environs de Bruxelles, et j'ajouterai, en ce qui me concerne, des autres régions du pays.

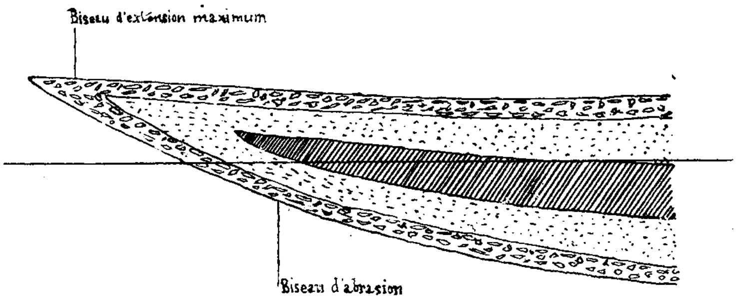


FIG. 3.

Comme les deux conceptions sont totalement différentes, il était nécessaire de préciser ce point avant d'aller plus loin, afin d'éviter toute équivoque, attendu que cette expression de biseau est comprise différemment.

Comme il sera nécessaire, néanmoins, de revenir sur ce sujet, je compléterai le sens du terme biseau en y ajoutant parfois les mots d'extension maximum et d'abrasion.

Il est facile de comprendre que, grâce à ma conception des biseaux des environs de Bruxelles, ceux-ci ne sauraient constituer pour moi un obstacle à l'adoption de la faille. Cependant, l'objection que me fait M. Rutot en signalant sur la rive gauche de la Senne, à Neder-Leest, un lambeau de Bruxellien, semble laisser croire, dans la pensée de notre confrère, cette idée que la faille n'y pourrait exister, attendu que le Bruxellien, dont la disparition est partout expliquée par la présence d'une faille, existe à cet endroit sur les deux rives.

Mais où donc ai-je dit que la faille suive le thalweg de la vallée? Qu'on me permette de rappeler qu'au cours d'une séance antérieure, je me suis élevé, à l'occasion de la présentation d'un travail sur la tectonique du pays, contre cette conception. J'ai cité à ce moment plusieurs exemples montrant une rivière coulant, non pas dans une faille, mais coupant et recoupant au contraire celle-ci perpendiculairement à son cours, et je suis arrivé à cette conclusion que la rivière suit très souvent la direction de la faille en oscillant autour de celle-ci. Il en résulte qu'une faille qui détermine la direction d'un cours d'eau coupe continuellement celui-ci, passant d'une rive à l'autre. Aussi

l'objection de M. Rutot n'aurait-elle de valeur que dans le cas où j'aurais fait couler la rivière dans une faille qui aurait tracé, au préalable, toutes les sinuosités et les méandres que présente le cours d'eau. Or, c'est précisément contre cette idée, en contradiction avec les données les plus élémentaires de la géologie, que je me suis élevé ici même.

Il peut donc arriver, et il doit en être ainsi, qu'en certains points les deux rives de la rivière se trouvent d'un même côté de la faille, et si, à cet endroit, les deux lèvres de la faille se déplacent, les deux rives n'y seront pas diversement intéressées, et il peut arriver alors que le biseau d'extension maximum pour M. Rutot, d'abrasion pour moi, se poursuive sur l'autre rive; mais il n'en a pas toujours été ainsi, et très souvent, dans les coupes mêmes qu'invoque et auxquelles renvoie notre savant collègue, les biseaux qui se poursuivent sur plusieurs kilomètres de largeur restent purement théoriques et ne quittent pas l'espace séparant les deux rives de la Senne.

Je ne pense pas un seul instant que notre éminent confrère, en repoussant mes théories, ait voulu, en me citant ses coupes, me renvoyer aux documents sur lesquels il appuie les siennes; aussi n'ai-je pas assimilé aux faits existants qu'il a invoqués les diagrammes dont plusieurs « sont établis *expressément* pour montrer la parfaite continuité des biseaux ». Je reproduis ici les coupes dont fait état M. Rutot; on remarquera de suite l'énormité des biseaux lorsque ceux-ci, s'étendant dans l'espace, restent purement théoriques (fig. 1), et combien ces biseaux sont réduits, au point d'être peu visibles, lorsqu'ils sont localisés dans le sous-sol, là où ils pourraient être réels (1).

J'estime donc que c'est la théorie des biseaux sédimentaires que M. Rutot a opposée à la théorie de la faille reprise par moi après complète modification, et je ne puis que remercier mon estimé confrère d'avoir bien voulu m'aider à sortir d'une situation désagréable en me tendant ses diagrammes théoriques qui me permettent de ne plus craindre des reproches que M. Rutot a, du reste, cherché lui-même à mitiger.

Mais si mon explication de la faille a éliminé définitivement la difficulté qui se présentait jadis et qui consistait parfois dans la continuité sur les deux rives de la Senne et sans dénivellation très sensible des

---

(1) Voir les coupes de l'*Explication de la feuille de Bruxelles*, par M. A. Rutot, et la figure 1 du présent travail.

roches ypresiennes, à plus forte raison peut-on expliquer par là l'apparente continuité des biseaux, car, il faut bien le dire, cette continuité n'est obtenue que par un raccordement théorique se poursuivant sur plusieurs kilomètres et présentant une pente déterminée.

L'explication que j'ai fournie du processus de la faille de la Senne est extrêmement simple. Je considère la région, c'est-à-dire les deux lèvres de la faille, comme s'étant affaissées alternativement ou même simultanément avec des mouvements d'amplitude différente, et cela pendant la durée des temps géologiques, c'est-à-dire aussi pendant le dépôt des sédiments. Il en résulte que les couches horizontales sectionnées et séparées en premier lieu ont pu se trouver réunies lors d'un second mouvement de descente; c'est ce que l'on remarque fréquemment lors des tremblements de terre, qui peuvent être considérés souvent comme des phénomènes de tassement. Or, depuis longtemps, j'ai admis une corrélation étroite entre les phénomènes tectoniques anciens de la vallée de la Senne et les tremblements de terre qui visitent encore cette intéressante région.

Qu'est-ce, en somme, qu'une faille verticale?

Mais c'est tout simplement un affaissement, extrêmement lent, d'un voussoir de l'écorce terrestre; si, pendant la descente, une partie du voussoir s'affaisse moins vite par rapport au reste de la contrée en mouvement, il se produira, au contact des deux régions qui se déplacent inégalement vite, une légère flexure; si le phénomène s'accentue, la flexure monoclinale sera remplacée par une cassure dont les parties se déplaceront de plus en plus au fur et à mesure du mouvement.

Mais une flexure et, partant, une cassure est rarement rectiligne; de plus, elle n'est pas toujours unique, elle donne fréquemment naissance à de nombreuses branches secondaires, découpant le sol en fragments qui restent pincés entre la faille principale et les failles qui s'en détachent comme autant d'apophyses. Ces fragments peuvent être, dès lors, sollicités à descendre plus que les voussoirs voisins si les deux failles qui limitent ces fragments ont une tendance à s'écarter, ou à former horst par rapport aux fragments limitrophes, dans le cas contraire. Il en résulte que ces claveaux secondaires peuvent *stratigraphiquement* faire saillie, je dis stratigraphiquement, car cette saillie n'est apparente que par les terrains plus anciens qu'elle présente à l'observation; mais elle ne s'annonce généralement pas par un relief plus accentué de la surface du sol, ces mouvements étant en effet très lents et s'accomplissant au cours des âges géologiques pendant qu'ils subissent l'influence plus prononcée des abrasions et des érosions. Il

est dès lors aisé de comprendre que ces mouvements ne sauraient se traduire d'une manière tangible à la surface du sol, si ce n'est pour l'œil exercé du stratigraphe.

Les coins qui restent pincés entre une faille principale de tassement et une faille accessoire sont identiques, selon moi, aux lambeaux qui restent en arrière sous les nappes de recouvrement.

Sauf la direction du mouvement, le phénomène est identique dans les deux cas.

Considérons la série sédimentaire horizontale *A, B, C, D* comme ci-dessous :

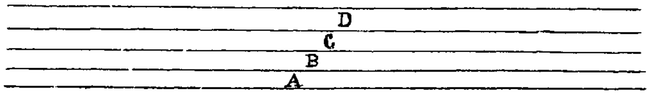


Fig. 4.

Supposons une première cassure avec descente de l'un des voussoirs.

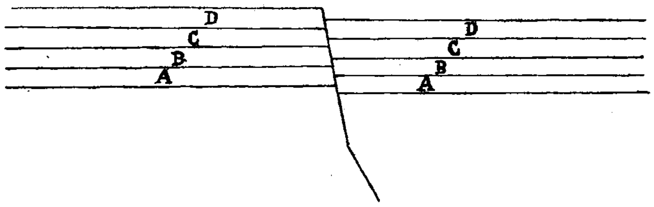


Fig. 5.

Admettons maintenant, ce qui du reste est généralement le cas, qu'une courbure du plan de faille en sous-sol empêche le voussoir affaissé de descendre davantage. L'effort continuant à se manifester, il se produira, après un moment d'arrêt et de tension maximum, une nouvelle cassure facilitant le déplacement des deux lèvres et raccourcissant, toutes choses égales d'ailleurs, le trajet qu'aurait exigé un rejet de valeur égale suivant l'ancien tracé.

Il peut, dès lors, arriver que le nouveau tronçon de faille se continue à côté de l'ancien et parallèlement à ce dernier, ou bien qu'il s'en écarte de plus en plus, tout comme il peut aussi se confondre à nouveau avec le premier accident après un circuit plus ou moins grand destiné, par exemple, à contourner un obstacle invincible et qui aurait entravé le déplacement du voussoir en mouvement.

Quoi qu'il en soit, on peut croire qu'un déplacement du plan de

faille produira de préférence une rectification de l'ancien tracé, et nous pouvons concevoir l'exemple suivant :

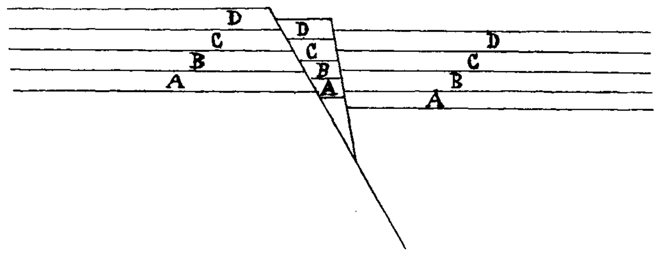


FIG. 6.

Dans ce cas, on pourra dire que le lambeau central n'a été sollicité à descendre que tardivement, et qu'il n'a dès lors été préservé qu'incomplètement de l'abrasion marine, par rapport au fragment présentant le maximum d'affaissement.

Comparons maintenant ces bandes aux différents termes de la légende du Bruxellien que nous donne M. Rutot dans l'*Explication de la feuille de Bruxelles*.

Disons :

D = Sable siliceux surmontant le sable calcareux (Boitsfort et Ixelles) (sable d'émersion) B*d* (1).

C = Sable calcareux avec grès calcareux (facies présentant le maximum d'oscillation) B*c*.

B = Sable siliceux bruxellien à grès fistuleux et à grès lustrés (sable d'immersion) B*b*.

A = Gravier local avec galets du Bruxellien, crustacés et dents de squales (gravier d'immersion) B*a*.

Admettons maintenant, comme je l'ai écrit dans ma précédente communication, que la mer, à l'époque laekenienne, ait raboté le pays en reprenant possession du continent en partie affaissé, et il devient évident que le gravier de base du Laekenien reposera, suivant la ligne *X* — *Y*, sur les différents termes du Bruxellien, comme le montre le schéma reproduit à la page 31 (fig. 7).

Plantons-y maintenant la vallée de la Senne et le raccordement montrant la continuité du biseau, et nous aurons montré que, s'il est possible de faire passer la faille en dehors du biseau et en dehors de la

(1) J'ajoute ce dernier terme qui a été récemment bien mis en lumière par M. Mourlon, lors de l'excursion à Tervueren qu'il a dirigée.

vallée de la Senne, il est tout aussi aisé de faire passer la cassure entre les deux rives sans être incommodé par les objections que nous oppose M. Rutot.

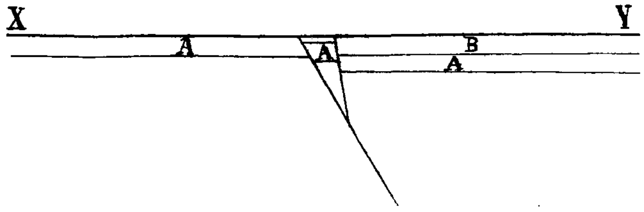


FIG. 7.

Voici ce que nous trouvons ensuite dans le texte de notre savant collègue :

« Un autre sujet d'étonnement de M. Rutot à la lecture du travail de M. Simoens a été l'argumentation relative à la nature des dépôts du Bruxellien et du Paniselien, sur les bords de la Senne.

» M. Rutot se demande en vain où son estimé confrère a été trouver la notion que les deux étages sont représentés par leur facies normal ou de pleine mer.

» La vérité, dit notre confrère, est que, en approchant de la vallée de la Senne, le Paniselien comme le Bruxellien prend un caractère de plus en plus littoral avec une épaisseur plus réduite. »

En effet, le Paniselien, épais d'une vingtaine de mètres vers Assche, n'a plus que 4 mètres à la hauteur de Jette, et moins encore vers Laeken, et le texte de la feuille de Bruxelles, page 41, datant de 1883, indique nettement le changement de nature et d'épaisseur.

M. Rutot se demande où j'ai cherché la notion que les deux étages paniselien et bruxellien sont représentés par leur facies normal ou de pleine mer.

Je n'ai dit nulle part que le facies de pleine mer était seul représenté dans la vallée de la Senne; j'ai dit, au contraire, qu'on y rencontrait les différents termes composant le cycle sédimentaire classique de MM. Rutot et Van den Broeck, et cette notion-là, je l'ai prise dans l'*Explication de la feuille de Bruxelles,* dans les pages qui précèdent celle que m'oppose M. Rutot.

Qu'on en juge :

La feuille à l'échelle du 20 000e ne comprend qu'un tronçon de la vallée de la Senne avec les collines qui la bordent. Or parmi celles-ci se trouve la colline de Koekelberg, distante de la rivière de 1 800 mètres

environ. Voici ce qu'en dit M. Rutot après en avoir figuré la coupe (1) :

« Sous la superposition normale du Wemmelien sur le Laekenien, nous n'observons plus le Bruxellien, si épais sur la rive droite et si bien caractérisé par ses sables et ses grès fossilifères. Nous voyons, au contraire, le Laekenien, parfaitement reconnaissable, reposer sur une masse assez puissante de sable argileux, glauconifère, passant à l'argile à sa partie inférieure, dont l'ensemble atteint 11m10 d'épaisseur. »

Il n'y a pas eu d'observation importante faite sur la rive gauche de la Senne, se rapprochant davantage de la rivière, et qui soit sur la feuille de Bruxelles.

Comment faut-il maintenant interpréter ce *sable argileux vert, glauconifère, épais de 8m10*, et reposant sur une *argile sableuse verte, glauconifère, de 3 mètres?* Mais M. Rutot va nous l'apprendre par le texte et le tableau de l'introduction de son savant travail de 1883.

Voici ce qu'on peut y lire à la page XI :

« Cependant, quoi qu'il arrive, les traces de la disposition symétrique persistent toujours, de sorte que l'on est ainsi forcément amené à prendre pour base de la subdivision stratigraphique d'ordre le plus inférieur de l'étage ou de l'assise, la distinction des termes de la série naturelle :

Gravier d'émersion
Sable d'émersion
Argile
Sable d'immersion
Gravier d'immersion

termes auxquels nous nous proposons d'attribuer respectivement les lettres *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, comme nous l'avons fait dans le diagramme précédent. »

Puis, plus loin, l'auteur ajoute :

« De plus, si les dépôts effectués pendant une même période de l'oscillation (immersion ou émersion) varient verticalement à cause de circonstances particulières, telles que changements de courants, ou même formation postérieure au dépôt normal de modifications par concrétionnement, etc., les diverses zones que l'on pourra distinguer dans la masse des sédiments de même âge seront indiquées par la notion générale du terme considéré, suivi des lettres grecques α, β, γ, etc. », puis un renvoi qui nous dit : « Ce cas se présente pour l'étage paniselien sur la feuille de Bruxelles. »

---

(1) A. RUTOT, *Explication de la feuille de Bruxelles*, p. 87.

M. Rutot s'est chargé ensuite de mettre en regard de la notation utilisée pour la carte au 20 000e les symboles synthétisant sa théorie des cycles sédimentaires.

Voici le fragment de classification relatif au Paniselien :

Étage paniselien . .	Sable glauconifère . . .	P2 . .	P1*d*.
	Sable argileux	P1 . .	P1*c*. β
	Argile finement sableuse .		P1*c*. α
	Gravier littoral, grès et sable argileux.		P1*ab*.

Il en résulte que l'argile sableuse, verte, glauconifère de la colline de Koekelberg représente la partie centrale du cycle sédimentaire, et porte la notation *P1c* avec des lettres grecques qui indiquent une modification survenue dans la nature des sédiments et postérieurement au dépôt de ceux-ci. Quant au sable glauconifère, il semble représenter, d'après la légende, le sable d'émersion *P1d*.

Ainsi donc, la colline la plus proche de la Senne et située sur la rive gauche, à 1 800 mètres environ de la rivière, nous montre la partie centrale du cycle sédimentaire, et je pose en fait qu'à l'époque où ces sédiments se déposaient à Koekelberg, au fond de la mer, les sables d'immersion et d'émersion se déposaient plus à l'Est, bien au loin sur l'autre rive de la Senne, et que le biseau graveleux de la même mer s'agitait avec le bruit des vagues, plus à l'Est encore de Koekelberg, et à des distances qu'il nous est difficile aujourd'hui d'évaluer.

Mais M. Rutot me renvoie en ces termes à la page 42 de l'*Explication de la feuille de Bruxelles :*

« C'est ainsi que, page 42, insistant sur la composition anormale du Paniselien au chemin du couvent de Jette, où cet étage, au lieu d'être représenté par les termes normaux *P1b*, *P1c* et *P1d*, est constitué d'argile plastique grise non glauconifère, irrégulièrement stratifiée *P1b*, l'*Explication de la feuille de Bruxelles* dit : « L'état meuble et plus grossier des sables vers la partie supérieure indiquerait un facies plus littoral, encore accentué par la couche supérieure d'argile grise, dont l'épaisseur est de 0^{m}80 et qui correspond bien aux types d'argiles ou glaises côtières qui se déposent dans les dépressions des rivages ou des lagunes tranquilles. »

Il me semble indispensable, pour la compréhension de ce texte, de transcrire ici les lignes qui le précèdent et le suivent aux pages 41 et 42 de l'*Explication de la feuille de Bruxelles*.

Voici le texte complet se rapportant à l'observation faite au chemin du couvent de Jette :

« Une coupe peu élevée, mais très importante, se présente à nos yeux; le petit talus de gauche, haut de 2 mètres, montre :

Limon remanié avec cailloux à la base	1^m20
Sable blanc, calcareux, laekenien, avec gravier à *Nummulites lævigata, scabra,* etc., roulées à la base.	0^m30
Argile grise plastique visible sur	0^m50

» Cette argile plastique, sur laquelle repose le gravier base du Laekenien, ne nous est pas familière. Dans le massif de la rive droite de la Senne, nous étions habitués à voir le Laekenien reposer inévitablement sur les sables bruxelliens; mais l'étude de la colline de Koekelberg nous a appris que le Bruxellien y faisait défaut et que le Paniselien formait le substratum du Laekenien.

» Cependant, à Koekelberg, le sommet du Paniselien n'était formé que de sable argileux glauconifère; il est donc nécessaire de voir quelle est la position stratigraphique de l'argile grise que nous rencontrons ici pour la première fois.

» A cet effet, un sondage effectué au bas de l'affleurement a fourni les données suivantes :

Argile grise plastique.	0^m20
Sable vert glauconifère, meuble, à grains assez gros vers le haut	2^m80
Sable vert glauconifère, argileux.	0^m50
Argile verte, glauconifère	1^m80
Sable gris verdâtre fin, pailleté de mica; percé sur	1^m00

» Ce dernier terme de la série des couches traversées par le sondage est facile à reconnaître : c'est le sable fin, micacé, ypresien; les couches d'argile verte glauconifère et de sable argileux glauconifère qui le surmontent sont identiques à celles formant la masse du Paniselien à Koekelberg; or, entre les sables argileux et le gros sable glauconifère meuble qui le recouvrent, il y a passage insensible; de plus, il en est de même entre les gros sables glauconifères et l'argile grise du sommet; nous en concluons donc que rien n'empêche de rapporter ces deux dernières couches au Paniselien.

» L'état meuble et plus grossier des sables vers la partie supérieure indiquerait un facies plus littoral, encore accentué par la couche supérieure d'argile grise, dont l'épaisseur est de 0^m70 et qui correspond bien au type d'argiles ou de glaises côtières qui se déposent dans les dépressions de rivages ou dans les lagunes tranquilles. »

C'est ce dernier texte, comme on l'a vu, que m'oppose mon savant confrère, qui continue de suite ainsi :

« A Jette donc, comme à Koekelberg, le Laekenien repose directement sur le Paniselien, avec cette différence qu'à Koekelberg le Paniselien est épais de 11 mètres, tandis qu'il est réduit à $5^{m}80$ à Jette. Malgré cette différence, nous croyons le Paniselien plus complet à Jette qu'à Koekelberg, où les sables meubles supérieurs ont dû exister, mais où ils ont probablement été enlevés lors de la dénudation laekenienne; l'inégalité d'épaisseur constatée provient, selon nous, de ce qu'à Koekelberg les sédiments sont d'origine moins littorale et ont été déposés sur une plus grande épaisseur. »

Faisons d'abord remarquer que le couvent de Jette est beaucoup plus éloigné de la vallée de la Senne que la colline de Koekelberg; donc l'argument qui consiste à dire que le caractère du Paniselien devient plus littoral en se rapprochant de la vallée perd un peu de sa force. Mais dans le cas contraire, il n'y aurait pas lieu de nous alarmer; car enfin, comme M. Rutot veut bien le reconnaître :

1° A Koekelberg, nous avons le terme *P1c* représentant le centre du cycle sédimentaire;

2° A Jette, la série sédimentaire est plus complète encore; la partie centrale argileuse et glauconifère y est représentée; elle est complétée par un sable meuble d'émersion et enfin par une argile d'origine lagunaire.

Si nous prenons le dernier terme, l'argile lagunaire, qui a suivi la mer dans son retrait, nous pouvons admettre que pendant son dépôt à Jette, nous avions là un pays de lagunes, mais je déclare encore que précédemment, c'est-à-dire à l'époque où se déposait à Jette le sable meuble d'émersion, on y avait la mer et que le paysage lagunaire se trouvait alors beaucoup plus à l'Est, toujours au loin sur l'autre rive de la Senne. Mais bien avant cela, pendant le dépôt à Jette au fond de la mer paniselienne de la partie centrale argileuse du cycle sédimentaire, le sable meuble d'émersion se déposait, lui, à l'endroit où devait se déposer plus tard, et par-dessus, l'argile lagunaire; quant à l'argile lagunaire elle-même, elle se déposait à son tour à des distances encore plus éloignées vers l'Est de Jette et de Koekelberg.

Je reconnais certes que le Paniselien prend un facies de plus en plus littoral à mesure qu'on se dirige vers l'Est; cela indique que le rivage résultant de l'extension maximum, c'est-à-dire le biseau, se trouvait dans cette direction.

Je reconnais aussi que ce rivage a reculé insensiblement vers l'Ouest, qu'il a passé par Bruxelles et qu'il s'en est allé plus vers

l'Ouest encore, mais je déclare aussi que la seule présence de la partie centrale argileuse et glauconifère du cycle sédimentaire le long de la Senne nous force à reconnaître, à l'époque de ce dépôt, l'existence d'un rivage de cette mer à des distances considérables de cette région.

Il est incontestable que la présence d'un facies littoral à un endroit déterminé n'implique pas pour cet endroit le point d'extension maximum de la mer. Ainsi il est hors de doute que les psammites du Condroz constituent dans leur ensemble un facies littoral. Que dirait-on cependant si, se basant sur la présence de ce facies littoral au Sud de Dinant, on voulait limiter là la mer famennienne, dont le large se trouvait vers le Sud ? Il serait facile de faire observer que ce facies littoral se poursuit sous le bassin de Dinant et qu'il réapparaît à la surface du sol le long du bord Nord de ce bassin. Or ce facies littoral, que présentent dans leur ensemble les psammites condrusiens, montre des différences suivant qu'on l'observe au Sud ou au Nord du bassin; il est incontestable, en effet, que les roches du Famennien supérieur présentent un caractère plus littoral au Nord qu'au Sud. Serait-il permis pour cela de conclure à la présence du rivage extrême de la mer condrusienne le long du bord septentrional du bassin de Dinant? Mais nullement, car ce facies plus littoral passe théoriquement par-dessus la crête du Condroz et se retrouve sur le bord méridional du bassin de Namur, où son caractère littoral s'est encore accentué.

Enfin, sommes-nous ici en présence du rivage d'extension maximum?

Assurément non, car ces psammites repassent sous le bassin de Namur et se retrouvent le long de son bord Nord. Leur facies y est resté très littoral et leur épaisseur s'y est constamment réduite. Est-ce donc ici qu'il faut tracer le dernier rivage de la mer condrusienne? Mais pas davantage : ce facies littoral de la mer des psammites s'étendait jadis bien plus loin par-dessus le massif du Brabant. Ce sont les érosions et les abrasions qui l'ont ramené à l'endroit où nous le voyons aujourd'hui. Tout ce que l'on peut dire, c'est que les psammites du Condroz se poursuivent à travers les bassins de Dinant et de Namur, que la haute mer était vers le Sud et le rivage d'extension maximum vers le Nord, mais personne n'oserait affirmer, sous le prétexte que ces roches deviennent de plus en plus littorales et qu'elles diminuent constamment d'épaisseur, l'existence d'un rivage d'extension maximum au bord Nord du bassin de Namur. Si telles sont les conclusions qui découlent de l'examen de ces couches littorales plissées et qu'on s'était habitué à considérer comme des sédiments de remplissage de deux vastes chenaux dirigés de l'Est à l'Ouest et appelés bassins de Dinant et de Namur, à plus forte raison faut-il se garder

d'étendre aux couches sensiblement horizontales des terrains tertiaires cette idée de délimiter la mer au moyen d'un trait théorique raccordant les affleurements extrêmes d'un dépôt. Aussi faut-il éviter de confondre le facies littoral avec le littoral d'extension maximum. Le facies littoral doit se retrouver théoriquement partout où s'est produite une transgression marine; il se trouvera dans la plupart des cas sous des masses considérables de sédiments; ce sont les graviers de base des cycles sédimentaires; mais là où l'érosion ou l'abrasion a coupé obliquement ces roches et atteint le gravier de base, on n'y peut voir la limite extrême de la mer.

Supposons un cycle sédimentaire sectionné par l'abrasion; nous aurons le schéma suivant :

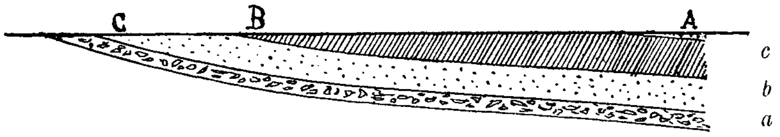


FIG. 8.
c. Argile (partie supérieure).
b. Sable d'immersion (partie moyenne).
a. Gravier de base (partie inférieure).

Il est certain que l'observateur qui se promène de *A* en *B* rencontrera d'abord en *A* la partie inférieure d'un cycle sédimentaire à peu près complet; un sondage pratiqué au point *B* lui fournira : 1° le biseau argileux, 2° le sable d'immersion devenant de plus en plus grossier, 3° le gravier de base; mais s'il passe en *C*, il ne rencontrera plus que des sables devenant de plus en plus grossiers, non seulement dans le sens vertical, mais encore dans le sens horizontal; de plus, les sédiments diminuent sans cesse d'épaisseur. Or, c'est tout ce qu'il faut pour donner l'illusion d'un rivage d'extension maximum.

C'est bien un rivage présentant un stade de l'évolution du cycle, mais qui n'en est pas la phase terminale, qu'aurait présenté ce cycle sédimentaire s'il n'avait été entamé par l'abrasion, qui en a enlevé des tranches horizontales successives.

Quant au Bruxellien, M. Rutot nous dit : « Enfin, rappelons que la proximité immédiate du littoral bruxellois est prouvée par l'abondance, à Schaerbeek notamment, de quantités de bois flotté, de fruits de Nipadites et par la présence, en d'autres points, de tortues d'eau douce. »

Le Bruxellien, sur la feuille de Bruxelles, c'est-à-dire dans les collines qui bordent la rivière, est représenté par la presque totalité de son cycle sédimentaire.

Nous y avons la succession suivante :

Sable siliceux (Boitsfort et Ixelles)	B*d*
Sable calcareux avec grès calcareux	B(*c*)
Sable siliceux à grès fistuleux et à grès lustrés	B*b*
Gravier local avec galets, crustacés et dents de squales . .	*Ba*

Ici encore, nous pouvons dire qu'à l'époque où se déposait à Schaerbeek le sable calcareux *Bc*, représentant la partie centrale du cycle, le gravier qui se trouvait à la base du dépôt continuait à se déposer ailleurs, à une distance très éloignée vers l'Ouest. Mais la présence de bois et de débris d'animaux flottés et entraînés par les courants est-elle de nature à faire admettre les sédiments qui les contiennent comme des dépôts de rivages? Nous ne le pensons pas. Depuis longtemps, Neumayr a attiré l'attention sur la valeur exacte qu'il faut attribuer aux débris des Céphalopodes, qui sont susceptibles de flotter longtemps et qui, entraînés au loin, peuvent induire en erreur sur l'origine des sédiments sur lesquels ils finissent par tomber, et plus près de nous, faut-il rappeler les débris de palmiers et de fruits, peu différents de ceux de Nipadites, que le Gulfstream charrie à travers l'Atlantique jusque sur les bords de la Norvège ?

Les matériaux susceptibles de flotter longtemps n'ont aucune valeur pour déterminer le facies des sédiments qui les renferment. Remarquons que c'est précisément dans le facies calcareux représentant le centre du cycle sédimentaire que l'on rencontre surtout les débris cités par M. Rutot. On peut donc considérer ces derniers comme ayant été entraînés vers la haute mer. Du reste, ces débris se rencontrent presque partout, jusque dans l'Entre-Sambre-et-Meuse, où je les ai retrouvés, notamment à Beaumont.

A ce sujet, il y a lieu de faire remarquer qu'en répondant à MM. Lejeune et Halet, à propos du Paniselien, M. Rutot écrit ce texte, que nous reproduisons en soulignant certains passages : « Et ce caractère de proximité du rivage est encore renforcé par la présence, à tous les niveaux du Paniselien, de fragments de bois *qui n'ont même pas été perforés par les tarets*. Ce n'est que *plus au large*, vers la région de Renaix, que les bois flottés sont attaqués par les tarets. »

Les bois perforés par les tarets deviennent dès lors un caractère permettant de reculer davantage vers la haute mer les sédiments qui les entourent. Or, le Bruxellien des environs de Bruxelles, de Saint-Gilles notamment, est précisément pétri de ces bois perforés, et lors du nivellement des buttes de la chaussée de Waterloo, il était possible d'en récolter des masses considérables.

Restent les carapaces des tortues d'eau douce trouvées dans le Bruxellien calcareux avec les *Nipadites Burtini*. Quelle est la signification, au point de vue stratigraphique, de la présence de ces fragments de tortues au sein des dépôts calcareux du Bruxellien? Les sables bruxelliens ont été enlevés au continent bordant la mer de l'Éocène moyen. Ils ont été charriés par les fleuves et déversés dans l'océan; là une partie de ces sédiments ont été entraînés vers la haute mer, où ils ont subi l'action des vagues et des courants, puis, toutes choses égales d'ailleurs, ils se sont déposés sur le fond suivant leur ordre de densité.

L'une des carapaces de tortues trouvées dans notre Bruxellien a fait le sujet d'une admirable étude de notre savant confrère M. Dollo, et l'une des tortues de Melsbroeck, qu'il a appelée *Pseudotryonix*, faisait partie de la faune peuplant les fleuves de cette époque. Mais, après leur mort, que devenait la dépouille de ces animaux? On pensera, avec nous, qu'ils ne pouvaient être qu'entraînés vers la mer. Nous pouvons donc dire que si l'une de ces carapaces se trouve dans un dépôt marin, elle ne s'y trouve qu'accidentellement, absolument comme nous trouvons mêlées aux coquilles marines qui constituent le cordon littoral de la mer du Nord des coquilles terrestres et parfois fossiles.

La carapace de tortue a donc été charriée vers le large. Mais à quelle distance de la côte s'est-elle déposée? Nous ne possédons malheureusement aucun criterium permettant d'établir directement à quelle distance du rivage une tortue peut être entraînée par l'action d'un fleuve d'abord et par un courant marin ensuite.

Cependant, comme les débris de carapaces se sont déposés avec les sables bruxelliens qui les entourent, on doit admettre que le dépôt des uns et des autres est dû à la même cause, et que ces matériaux sont vraisemblablement originaires d'un même endroit. Aussi, s'il n'est pas possible de déterminer directement à quelle distance relative du rivage peut être entraîné un reste de tortue, il n'en est pas de même des sédiments environnants.

MM. Rutot et Van den Broeck ont établi, dans leur étude sur la sédimentation marine appliquée à nos terrains tertiaires, que la localisation des dépôts terrigènes est le résultat de règles bien établies. C'est ainsi que les éléments les plus légers ou calcareux sont ceux qui semblent s'être déposés le plus loin de la rive.

Il nous suffira dès lors de connaître la nature des sédiments contenant la carapace pour être fixés sur la distance relative qui les sépare de la terre voisine. Or, la plupart des tortues trouvées dans les sables bruxelliens appartiennent à la zone des sables calcareux, avec moellons

également calcareux. C'est même fréquemment dans ces moellons que se cachent les débris de nature organique. Nous savons aussi que ces sables constituent la partie centrale du cycle sédimentaire bruxellien, c'est-à-dire la partie qui représente, dans l'état actuel de nos connaissances, le dépôt relativement le plus éloigné du rivage que nous connaissions dans notre Éocène moyen; il en résulte que les carapaces de tortues qui se sont déposées en même temps ont dû subir un transport relativement long, et leur présence ne peut, en aucun cas, être invoquée pour attester l'origine littorale du sable contenant les tortues, c'est-à-dire du sable calcareux bruxellien.

Seulement, M. Rutot ne s'est pas souvenu qu'il y a peu de temps notre estimé confrère M. Dollo a décrit une autre tortue de Melsbroeck. Voici ce qu'en dit M. Dollo : « Pour aujourd'hui, je me bornerai à traiter d'un nouveau Chélonien thécophore adapté à la vie océanique et auquel j'appliquerai le nom d'*Eochelone Brabantica* ». « Ainsi que je l'exposerai plus loin, — continue M. Dollo, — *Eochelone Brabantica* est une tortue marine extrêmement importante, etc. » (1).

On voit donc que s'il est possible d'expliquer la présence d'animaux d'eau douce dans un sédiment de haute mer, il est difficile d'admettre comme dépôt littoral des sédiments contenant des débris d'animaux adaptés à la vie pélagique et qui se trouvent précisément localisés au centre d'un cycle sédimentaire.

Il n'est pas sans intérêt de faire remarquer encore l'importance du principe de la sédimentation marine et la simplicité avec laquelle il permet de résoudre des problèmes souvent hérissés de difficultés.

Il résulte de ce qui précède que la théorie si bien mise en lumière par notre estimé confrère M. Rutot et par son savant collaborateur M. Van den Broeck, reste vraie et qu'il n'appartient plus aujourd'hui à l'un ou à l'autre de ses savants auteurs d'en diminuer la portée.

Nous avons examiné, dans les lignes qui précèdent, les objections formulées contre notre manière de voir par M. Rutot et nous croyons y avoir répondu de manière à amener, chez notre estimé confrère, la conviction :

1° Que les biseaux du Paniselien et du Bruxellien sont des biseaux d'abrasion et non des biseaux d'extension maximum; que, cela étant, l'existence de ceux-ci ne peut en rien contrarier la théorie des failles;

2° Que l'examen de la nature des sédiments paniselien et bruxellien,

---

(1) L. DOLLO, *Eochelone Brabantica, tortue marine nouvelle du Bruxellien (Éocène moyen) de la Belgique.* (BULL. DE LA CLASSE DES SCIENCES DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, Bruxelles, 1903, p. 794.)

ainsi que leur interprétation suivant la théorie de la sédimentation marine, amènent la certitude que ces dépôts n'indiquent pas l'existence à proximité de Bruxelles d'un rivage d'extension maximum.

Dans une prochaine note, nous reprendrons la question en nous efforçant d'exposer d'une manière plus précise les données du problème; nous essayerons alors d'établir, au moyen d'arguments nouveaux :

1° Que les sédiments tertiaires des environs de Bruxelles se sont étendus au loin sur les deux rives de la Senne;

2° Qu'ils ont subi successivement et inégalement dans le sens de leur étendue l'action abrasive des mers consécutives et que cette action inégale de l'abrasion marine est due à une cause tectonique;

3° Que cette cause tectonique paraît n'être qu'un jeu de failles verticales.

Ce qui a surtout amené le présent échange de vues entre M. Rutot et nous, c'est cette circonstance que notre estimé confrère a interprété les faits, certes, d'après le principe de la sédimentation marine, mais en attachant aux biseaux une signification qu'ils ne peuvent conserver.

Le désaccord réside aussi, pensons-nous, dans l'importance relativement minime qu'on attachait jadis aux phénomènes d'abrasion dont la véritable fonction était encore méconnue à l'époque où MM. Rutot et Van den Broeck exposèrent leurs idées. Mais ce qui fait précisément le mérite des savants Conservateurs du Musée de Bruxelles, c'est d'avoir exposé, il y a près d'un quart de siècle, une théorie qui reste debout, et il leur suffit d'y étendre considérablement les effets de l'action abrasive pour communiquer une nouvelle jeunesse au principe de la sédimentation marine.

Son influence de plus en plus prépondérante dans l'explication des faits d'ordre stratigraphique est à ce prix.

Vu l'heure avancée, l'assemblée est d'accord pour remettre à une autre séance la discussion de cet exposé, dont l'impression, nonobstant l'étendue du travail, est ordonnée aux Procès-Verbaux, recueil dans lequel a paru la première Note de M. Simoens sur le même sujet.

En levant la séance, M. le *Président* rappelle que les membres du Conseil sont invités, les jours de séance de la Société, à aller diner ensemble au *Restaurant de la Régence*, place Royale; ces réunions, fixées à 6 $^1/_2$ heures, ont surtout pour but de permettre de conférer des affaires de la Société.

La séance est levée à 11 heures.

SÉANCE MENSUELLE DU 21 FÉVRIER 1905.

Présidence de M. **Ad. Kemna**, *président*.

La séance est ouverte à 8 heures 35. (41 membres présents.)

Correspondance :

MM. *de Busschere* et *Lameere* remercient, le premier de sa nomination de membre du Comité de vérification des comptes, le second de son admission en qualité de membre effectif de la Société.

Le *Comité d'organisation du Congrès international des Mines, de la Métallurgie, de la Mécanique et de la Géologie appliquées,* qui se tiendra à Liége en 1905, a fait parvenir l'*ordre du jour provisoire de la Section de Géologie appliquée*, que nous reproduisons ci-dessous :

1. La répartition du terrain houiller en Belgique et ses relations avec les gisements voisins. — Rapport par M. MAX LOHEST, professeur de géologie à l'Université de Liége.
2. La tectonique du bassin houiller du Nord de la France, par CHARLES BARROIS, professeur à la Faculté des Sciences de Lille.
3. État actuel de nos connaissances sur la structure du bassin houiller de Charleroi et, notamment, du lambeau de poussée de la Tombe, par J. SMEYSTERS, ingénieur en chef directeur des mines, à Charleroi.
4. La tectonique du bassin houiller de Liége, par AD. FIRKET, inspecteur général des mines à Liége, et O. LEDOUBLE, ingénieur principal au Corps des mines à Liége.
5. La limite Sud du bassin houiller de Liége, par P. FOURMARIER, ingénieur-géologue, assistant à l'Université de Liége.
6. Ueber die Flözstörungen unter Berücksichtigung jener bei Aachen, par M. HANS HÖFER, professeur de géologie à l'École des mines de Leoben.
7. Conditions de gisement de la houille en Campine, dans le Limbourg néerlandais et dans la région allemande avoisinante, par M. HENRI FORIR, ingénieur, répétiteur du cours de géologie à l'Université de Liége.
8. Le prolongement du bassin de Sarrebrück en France, par M. FRANÇOIS VILLAIN, ingénieur au Corps des mines à Nancy.
9. Le nouveau bassin houiller de la Lorraine française, par M. FRANCIS LAUR, ingénieur civil des mines, administrateur délégué de la Société anonyme des Publications scientifiques et industrielles, à Paris.

10. Les terrains traversés par la galerie de la mer, par M. H. DOMAGE, directeur de la Société Nouvelle de Charbonnages des Bouches-du-Rhône.

---

11. Les applications de la Paléontologie à la Géologie appliquée. — Rapport par M. A. RENIER, ingénieur-géologue, ingénieur au Corps des mines, à Mons.
12. La genèse de la houille, par M. H. POTONIÉ, géologue à Berlin.
13. La faune siluro-cambrienne des terrains qui recouvrent le bord méridional des bassins houillers du Pas-de-Calais, par M. CHARLES BARROIS, professeur à la Faculté des Sciences de Lille.
14. Les gîtes de phosphate de chaux en Hesbaye, par M. MAX LOHEST, professeur de géologie à l'Université de Liége. (Communication préparatoire à l'excursion en Hesbaye.)
15. Les bauxites dans le monde, par M. FRANCIS LAUR, ingénieur civil, administrateur délégué de la Société anonyme des Publications scientifiques et industrielles, à Paris.
16. Recherches sur l'influence du relief et de la structure du sol sur les éléments du magnétisme, par M. DEHALU, répétiteur à l'Université de Liége.

---

17. Les gîtes métallifères de la Belgique. — Rapport par M. GEORGES LESPINEUX, ingénieur-géologue, à Huy.
18. Les gisements métallifères de la région de Moresnet, par M. CHARLES TIMMERMANS, directeur des établissements de la Vieille-Montagne, à Calamine (Moresnet).
19. Notes sur la genèse des gîtes métallifères et des roches éruptives, par M. PAUL-F. CHALON, ingénieur-conseil, à Paris.

---

20. Les échanges d'eau entre le sol et l'atmosphère. La circulation de l'eau dans le sol. Exposé de nos connaissances actuelles et des recherches à entreprendre. — Rapport par M. RENÉ D'ANDRIMONT, ingénieur-géologue, à Liége.
21. Quelques observations et recherches concernant les eaux souterraines de la Hollande, par M. EUG. DUBOIS, professeur de géologie et de paléontologie à l'Université d'Amsterdam.
22. Les nappes aquifères du Quaternaire de l'Allemagne et leur exploration scientifique et pratique, par M. K. KEILHACK, géologue en chef et professeur à l'École des mines, à Berlin.
23. Étude expérimentale sur l'alimentation des nappes aquifères surmontées par des terrains perméables en petit, par M. RENÉ D'ANDRIMONT, ingénieur-géologue, à Liége.

M. le *Secrétaire général* fait part à l'assemblée de la nomination de M. *E.-A. Martel* en qualité de rédacteur en chef du journal *La Nature*. M. *Martel* paraît assez disposé à accepter de nos collègues pour cette revue scientifique des articles traitant de sujets nouveaux ou intéressants, pouvant, au besoin, être accompagnés de clichés.

MM. *Cossmann* et *G. Pissarro* viennent de faire paraître la première livraison de l'*Iconographie complète des coquilles fossiles de l'Éocène des environs de Paris*. Cette livraison, de 16 planches, ou représentation de 430 espèces par 1064 figures, se vend 20 francs; les autres seront mises en vente successivement à raison de 1 franc par planche. L'ouvrage complet comprendra 5 fascicules. Pour tous renseignements, s'adresser à M. G. Pissarro, 85, avenue de Wagram, à Paris (XVII).

La Société a reçu un prospectus annonçant la mise en vente du magnifique ouvrage de M. A. Lacroix sur *La Montagne Pelée et ses éruptions*. Des instances sont faites pour obtenir un exemplaire de cet ouvrage pour la bibliothèque de la Société.

Nomination d'un membre du Comité de vérification des comptes pour 1905.

Est élu à l'unanimité, M. H. LEBON, avocat, à Bruxelles.

Dons et envois reçus : 1° Périodiques nouveaux :

4572. GOTHA. *Petermann's Mittheilungen aus Justus Perthes Geographischer Anstalt*, 1905.

4573. LONDRES. *Mineralogical Society* (The Mineralogical Magazine and Journal), 1895 à 1904.

4574. ROME. *Societa geografica italiana* (Bollettino), 1897 à 1904.

2° De la part des auteurs :

4575. **Agamennone, G.** *L'attività del R. Osservatorio geodinamico di Rocca di Papa durante il passato anno 1902*. Leipzig, 1904. Extrait in-8° de 7 pages.

4576. **Bleicher, G.** *La vallée de l'Ingressin et ses débouchés dans la vallée de la Meuse*. Paris, 1901. Extrait in-8° de 10 pages.

4577. **Bleicher, G.**, et **Beaupré, J.** *Note sur l'exploitation du minerai de fer fort et oolithique en Lorraine, dans l'antiquité*. Paris, 1901. Extrait in-8° de 8 pages.

4578. **Choffat, P.** *Le Crétacique dans l'Arrabida et dans la contrée d'Ericeira*. (51 pages.)

Priem, F. *Description de* Coelodus anomalus *n. sp.* (3 pages). Lisbonne, 1904. Extrait in-8° (joint au précédent).

4579. **de Lapparent, A.** *Sur de nouvelles trouvailles géologiques au Soudan.* Paris, 1904. Extrait in-4° de 4 pages.

4580. **Grand'Eury.** *Sur les graines des Névroptéridées.* Paris, 1904. Extrait in-4° de 4 pages.

4581. **Johnson, W.-D.** *The profile of Maturity in Alpine glacial Erosion.* (9 pages.)

Gilbert, G.-K. *Systematic asymmetry of crest lines in the high Sierra of California.* (10 pages.) Chicago, 1904. Extraits in-8°.

4582. **Mojsisovics, Ed.-v.** *Mitteilungen der Erdbeben-Kommisssion der Kaiserlischen Akademie der Wissenschaften in Wien. Neue Folge. No XXV. Allgemeiner Bericht und Chronik der im Jahre 1903 im Beobachtungsgebiete eingetretenen Erdbeben.* Vienne, 1904. Extrait in-8° de 161 pages.

4583. **Rivière, E.** *Sur l'âge des squelettes humains des grottes des Baoussé-Roussé en Italie, dites « Grottes de Menton ».* Paris, 1892. Extrait in-8° de 12 pages.

4584. **Rivière, E.** *Nouvelles recherches anthropologiques et paléontologiques dans la Dordogne.* Paris, 1894. Extrait in-8° de 4 pages.

4585. **Rivière, E.** *Sur plusieurs grottes quaternaires de la Dordogne et sur quelques monuments mégalithiques de l'Orne et de la Manche.* Paris, 1894. Extrait in-4° de 3 pages.

4586. **Rivière, E.** *Nouvelles recherches à Cro-Magnon.* Paris, 1897. Extrait in-4° de 8 pages.

4587. **Rivière, E.** *La grotte de la Mouthe.* Paris, 1897. Extrait in-8° de 16 pages.

4588. **Rivière, E.** *Les gravures sur roche de la grotte de la Mouthe (Dordogne).* Paris, 1897. Extrait in-4° de 4 pages.

4589. **Rivière, E.** *La lampe en grès de la grotte de la Mouthe (Dordogne).* Paris, 1899. Extrait in-8° de 12 pages.

4590. **Rivière, E.** *L'abri sous roche de Morsodou, ou la Croze de Tayac (Dordogne).* Paris, 1899. Extrait in-8° de 5 pages.

4591. **Rivière, E.** *La station préhistorique de la côte Sainte-Marie (Meurthe-et-Moselle).* Paris, 1901. Extrait in-8° de 3 pages.

4592. **Rivière, E.** *Le polissoir de Saint-Cy-du-Bailleul et le polissoir de la Brélaudière.* Paris, 1902. Extrait in-8° de 4 pages.

4593. **Rivière, E.** *Les grottes de Baoussé-Roussé.* Paris, 1902. Extrait in-8° de 4 pages.

4594. **Rivière, E.** *Châtelaines en cuivre du XVIIIe siècle et bagues en plomb du XIVe siècle avec cœur au centre.* Paris. Extrait in-8° de 3 pages.

4595. **Rivière, E.** *Fossilisation et analyse chimique des os.* Paris, 1903. Extrait in-8° de 6 pages.

4596. **Rivière, E.** *Les haches polies des environs de Grasse (Alpes-Maritimes).* Paris, 1903. Extrait in-8° de 2 pages.

4597. **Rivière, E.** *Les parures en coquillages.* Paris, 1903. Extrait in-8° de 3 pages.

4598. **Rivière, E.** *Découverte d'une nécropole gallo-romaine à Paris (première et deuxième note).* Paris, 1903. Extrait in-8° de 17 pages.

4599. **Rivière, E.** *La lampe en pierre de Saint-Julien-Maumont (Corrèze).* Paris, 1903. Extrait in-8° de 5 pages.

4600. **Rivière, E.** *Découverte d'une nécropole gallo-romaine à Paris (nouvelle note).* Paris, 1903. Extrait in-8° de 21 pages et 27 figures.

4601. **Rivière, E.** *La carie dentaire aux temps préhistoriques et la grotte de l'Albaéra (Alpes-Maritimes)* (3 pages).
Les pierres à cupules (2 pages).
Les pierres dites à empreintes de pieds. Le Pas de Sainte-Geneviève et le Pas de Saint-Jean (3 pages). Paris, 1904. Extraits in-8°.

4602. **Rivière, E.** *Conservation des ossements humains et des os d'animaux dans les gisements préhistoriques.* Paris, 1904. Extrait in-8° de 4 pages.

4603. **Rivière, E.** *Les superpositions d'époques dans les mêmes lieux.* Paris, 1904. Extrait in-8° de 3 pages.

4604. **Rivière, E.** *Quelques observations sur les Menhirs en général* (2 pages).
Les Menhirs de la Corrèze (2 pages). Paris, 1904. Extraits in-8°.

4605. **Rivière, E.** *Bracelets, parures, fétiches, monnaies d'échange.* Paris, 1904. Extrait in-8° de 7 pages.

4606. **Rivière, E.** *La flore quaternaire des cavernes.* Paris, 1904. Extrait in-8° de 5 pages.

4607. **Rudler, F.-W.** *A Handbook to a collection of the Minerals of the British Islands, mostly selected from the Ludlam collection in the Museum of practical geology, Jermyn Street, London S. W.* Londres, 1904. Volume in-8° de 241 pages.

4608. **Félix, Jules** (Dr). *La thérapie hydro-minérale et les stations balnéaires de la Belgique,* 2e édition. Bruxelles, 1904. Volume in-12 de 102 pages.

4609. **Jonger, H.-G.** *Bijdragen tot de kennis der sedimentaire zwerfsteenen in Nederland. — I. De Hondsrug in de provincie Groningen.* Groningen, 1904. Volume in-8° de 91 pages.

4610. **Jonger, H.-G.** *Zwerfsteenen van den ouderdom der oosbaltische zone G.* Groningen, 1905. Extrait in-8° de 18 pages.

Présentation et élection de nouveaux membres effectifs.

Sont élus :

MM. G. COSYNS, docteur en sciences naturelles, 260, rue Royale Sainte-Marie, à Bruxelles;

ADOLPHE VAN DER BECKE, 24, rue de la Pépinière, à Anvers.

Communications.

La parole est donnée à M. L. DOLLO, qui, aidé de figures au tableau noir et dans un exposé clair et méthodique, entretient l'Assemblée de son étude sur **Un nouvel opercule tympanique de « Plioplatecarpus »**.

L'Assemblée vote l'impression du travail aux *Mémoires*, avec la planche qui l'accompagne.

M. le *Président* remercie vivement M. Dollo de son intéressante communication et exprime le vœu de lui voir présenter encore une série de travaux de l'espèce, qui seront toujours écoutés avec le plus grand plaisir et qui feront grandement honneur à nos publications.

M. *René d'Andrimont* fait ensuite l'exposé d'un travail consacré à l'hydrologie du littoral belge et hollandais :

L'allure des nappes aquifères contenues dans les terrains perméables en petit, baignés par la mer. — Résultats des recherches faites en Hollande démontrant l'exactitude de la thèse soutenue par l'auteur en ce qui concerne le littoral belge,

par RENÉ D'ANDRIMONT, Ingénieur-géologue, Ingénieur des Mines.

Nous avons été parmi les premiers qui s'occupèrent d'étudier rationnellement les nappes aquifères contenues dans les terrains perméables en petit avoisinant la mer, et lors de la publication de notre premier mémoire à ce sujet (1), nous n'avions pour toute base que la formule préconisée en 1887 par un Hollandais, le capitaine Badon Ghijben, et reprise dans la suite par M. Herzberg, qui avait reconnu son exactitude en ce qui concerne une nappe d'eau douce contenue dans le sous-sol de l'île de Nordeney.

(1) *Note sur l'hydrologie du littoral belge* (communication faite le 25 mai 1902 et parue la même année dans les ANNALES DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE BELGIQUE, t. XXIX, *Mém.*, p. 129).

Nous tenons donc à revendiquer la priorité de toutes les déductions et applications tirées de cette conception extrêmement simple d'une nappe d'eau douce flottant sur l'eau de mer plus dense.

Nous avons étudié complètement les relations existant entre les nappes d'eau du continent et les eaux de la mer, et nous avons communiqué à la Société géologique de Belgique et à l'Association des ingénieurs sortis de l'École de Liége les développements successifs que nous avons donnés à ce sujet en ce qui concerne le littoral belge (1). Enfin, dans un dernier travail paru en 1904, nous avons fait connaître les premières recherches expérimentales entreprises en Hollande par M. Eugène Dubois et qui confirmaient déjà en partie notre manière de voir (2). Nous avons, dès le début, trouvé un contradicteur en notre honorable collègue O. van Ertborn, lequel n'admit en aucun point nos idées et communiqua deux notices à la Société belge de Géologie (3).

Notre dernier travail, publié en 1904, basé sur les observations de M. Dubois, en Hollande, réfutait la plupart des arguments présentés par M. van Ertborn pour combattre notre thèse.

Néanmoins, notre honorable contradicteur, dans une note bibliographique parue en novembre 1904 (4) au sujet d'un très intéressant travail de M. Penninck, d'Amsterdam, et sur lequel nous reviendrons dans la suite, tout en reconnaissant le bien fondé de la plupart des points de la thèse que nous avons toujours soutenue, met encore en doute, cependant, des faits dont nous avons maintes fois fait ressortir l'évidence.

La manière de combattre nos idées est d'autant plus curieuse qu'elle invoque certaines constatations expérimentales faites par M. Penninck en Hollande, alors que, rationnellement interprétées, ces dernières démontrent d'une façon absolue l'exactitude de toutes les conclusions auxquelles nous avaient conduit nos études.

---

(1) *Contribution à l'étude de l'hydrologie du littoral belge* (ANNALES DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE BELGIQUE, t. XXX, *Mém.*, p. 3). — *Étude hydrologique du littoral belge envisagée au point de vue de l'alimentation en eau potable* (REVUE UNIVERSELLE DES MINES, 4e sér., t. II, 1903).

(2) *Note complémentaire à l'étude hydrologique du littoral belge* (ANNALES DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE BELGIQUE, t. XXXI, 1904, *Mém.*, p. 167.)

(3) *Bull. de la Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol.,* t. XVI, PR.-VERB., p. 517, et XVII, MÉM., p. 297.

(4) *Bull. de la Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol.,* t. XVIII, PR. VERB., p. 217.

. *Nous croyons donc très utile de résumer en quelques mots notre manière de voir et les objections qui nous ont été faites.*

Nous parlerons ensuite des travaux et des observations sur le terrain entrepris en Hollande par MM. Eugène Dubois et I.-M.-K. Penninck, et nous montrerons comment ils confirment entièrement les conclusions que nous avons été amené à formuler.

* * *

L'argile ypresienne constitue la première assise imperméable que l'on rencontre dans le sous-sol du littoral belge. Tous les terrains qui la surmontent sont plus ou moins perméables. L'eau peut circuler librement d'une assise à l'autre. M. Dubois a, d'ailleurs, étudié en Hollande des terrains qui peuvent être assimilés, sous le rapport de la perméabilité, à ceux du sous-sol de nos Flandres. Les nombreux faits qu'il a observés démontrent (voir notre mémoire, n° 4) qu'une pression se transmet presque instantanément depuis la partie supérieure de ces nappes aquifères libres jusqu'à une profondeur de 34 mètres. Nous devons donc admettre que les terrains perméables qui constituent le fond de la mer contiennent de l'eau saumâtre, au moins jusqu'à la ligne du rivage à marée basse.

Mais quelle est la nature des eaux du sous-sol lorsque l'on s'avance vers l'intérieur des terres? La figure 1 ci-après montre clairement notre manière de voir à ce sujet. Les flèches indiquent la direction dans laquelle s'écoulent les eaux et leurs dimensions donnent une idée des vitesses relatives.

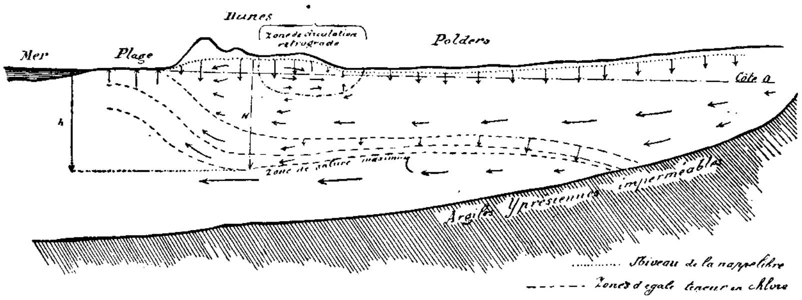


FIG. 1.

S'il ne s'infiltrait pas dans le sol de l'eau douce provenant des précipitations atmosphériques, l'eau saumâtre incluse dans le sol lors du dépôt des terrains plus récents que l'Ypresien s'y serait maintenue.

Cependant, au fur et à mesure du retrait de la mer, il est tombé de

l'eau douce à la surface du sol, et celle-ci, moins dense, a flotté sur l'eau de mer, exhaussant par le fait même le niveau de la nappe aquifère douce. La théorie des vases communiquants indique qu'il faut, en effet, une épaisseur *H* d'eau douce, moins dense, pour faire équilibre à une épaisseur *h* d'eau de mer plus dense.

Peu à peu l'eau douce s'est accumulée et a refoulé l'eau de mer jusqu'à ce que l'équilibre plus ou moins stable, que nous constatons de nos jours et qui est représenté par la figure, se fût établi.

En chaque point voisin du littoral, la profondeur à laquelle l'on rencontre de l'eau salée est proportionnelle à la hauteur de la nappe d'eau douce au-dessus du niveau moyen de la mer.

Telle est la loi dans sa plus simple expression, au point de vue statique seul. La surface de séparation théorique entre les deux liquides de densité différente affecte l'allure que nous avons représentée sur la figure par la courbe inférieure.

En réalité cependant, la limite entre les eaux saumâtres et les eaux douces n'est pas aussi nette et il existe une zone de transition, dont l'épaisseur varie avec les circonstances. C'est ici que le problème se complique, car nous avons à tenir compte de la diffusion et de la circulation en divers sens des masses d'eau douce et d'eau salée.

La diffusion aura pour effet de saler les couches d'eau douce immédiatement en contact avec les eaux saumâtres sous-jacentes, et l'on serait, à première vue, tenté de croire que ce fait aura pour effet de faire remonter la zone de *salure maximum*. Il n'en est rien cependant, car il est aisé de comprendre que le liquide superposé, gagnant en densité la zone de *salure maximum*, sera refoulé plus profondément et que, d'autre part, la différence de niveau entre la nappe douce et le niveau moyen de la mer tendra à décroître. L'eau salée rongera en quelque sorte l'eau douce qui la surmonte et se substituerait ainsi à l'eau douce si celle-ci n'était sans cesse renouvelée.

Nous verrons dans la suite combien est juste cette conception, car elle explique la perte d'eau « mystérieuse » observée par M. Penninck dans les dunes hollandaises.

Voyons maintenant si les eaux douces et salées sont animées d'un mouvement de circulation et dans quel sens.

L'eau saumâtre sous-jacente doit avoir un lent mouvement de circulation vers la mer, car il n'existe pas d'autre direction pour éliminer l'eau « rongée ».

Les eaux de la zone de transition et même celles de toute une partie de la nappe d'eau douce qui les surmontent, doivent également être en

mouvement vers la mer, car l'eau qui s'infiltre dans le sol sur toute une zone littorale de 10 à 15 kilomètres de largeur ne peut trouver à s'écouler que souterrainement vers la mer, et l'absorption de l'eau douce par l'eau saumâtre se fera durant tout le trajet. Le mouvement étant de plus en plus lent, au fur et à mesure que l'on se rapproche du rivage de la mer, il est clair que la zone de diffusion aura une épaisseur maximum au voisinage immédiat de la mer.

Il est maintenant facile de comprendre comment toute cette masse d'eau continentale peut être absorbée par la mer, sans que nous puissions l'observer directement, et les sources d'eau plus ou moins saumâtres que nous verrons sourdre le long du rivage ne donneront en aucune manière une mesure exacte de toute l'eau continentale ainsi absorbée.

Au voisinage de la mer, l'eau de la nappe libre aura un mouvement ascensionnel, parce que la plage constitue le point le plus bas du pays et qu'il s'y produit un appel d'eau. De toutes ces considérations, nous avons déduit que la nappe d'eau douce des dunes belges offrait des ressources d'eau potable beaucoup plus considérables qu'on ne l'avait cru jusque-là, car :

1° Elle est dotée d'une réserve d'eau douce accumulée dans le sous-sol des dunes mêmes par le fait de la différence de densité entre l'eau douce et l'eau salée.

Cette réserve pourrait permettre pendant un temps assez considérable de capter plus d'eau qu'il ne s'en infiltre annuellement dans les dunes elles-mêmes.

2° Au fur et à mesure que cette réserve s'épuisera, l'affluence d'eau venant de l'intérieur du pays deviendra plus considérable et suppléera à celle-ci. Cette seconde conclusion s'impose, car le niveau de la nappe continentale est supérieur au niveau moyen de la mer.

Quant à la qualité de l'eau dunale, nous n'avons jamais pensé qu'elle pût être sujette à caution, alors même qu'une captation continue y attirerait de l'eau du continent. Nous avons, en effet, toujours pensé qu'une circulation à travers une épaisseur de 20 à 30 mètres de sable pur des dunes devait suffire pour rendre potable une eau quelque mauvaise qu'elle soit.

Telle est, en résumé, la thèse que nous avons toujours soutenue.

Nous en avons un peu développé certains points, à cause de l'obstination que nos contradicteurs ont mise à ne pas vouloir comprendre l'exposé que nous en avions fait précédemment.

Nous y ajoutons encore quelques détails, parce qu'ils montreront à

quel point les observations faites en Hollande confirment à tous égards nos idées :

1° La nappe d'eau douce montera et descendra avec les marées. Ce mouvement sera d'autant moins sensible qu'on s'éloignera du rivage ;

2° Si l'on épuise une quantité d'eau suffisante pour qu'il se forme dans la nappe une dépression appréciable, le cube d'eau rongé par l'eau de mer sera momentanément diminué en cet endroit, la diffusion se fera sur une épaisseur plus considérable et il se formera une protubérance dans la surface précédemment unie de l'eau saumâtre sous-jacente ;

3° Nous avions dit dans notre quatrième communication sur l'hydrologie du littoral belge, que la direction dans laquelle s'écoulait une nappe libre ne dépendait pas uniquement de sa forme extérieure et que, par conséquent, l'eau de la partie superficielle d'une nappe pouvait s'écouler, en certains endroits, dans un sens opposé à celui de l'écoulement général.

* * *

Nous reprendrons maintenant les diverses objections qui ont été présentées par M. van Ertborn à la suite de nos travaux et nous montrerons jusqu'à quel point les observations faites en Hollande nous ont donné raison.

I. — M. van Ertborn a prétendu que l'eau douce ne pouvait flotter sur l'eau salée. Il a été jusqu'à nier les résultats d'un calcul basé sur la théorie des vases communiquants. Les calculs auxquels il s'est livré l'ont conduit à une différence insignifiante, $1^{m}087$, entre le niveau de l'eau douce du continent et le niveau moyen de la mer (1).

Ce calcul n'est exact qu'à condition de méconnaître la loi de la pesanteur ! Il nous a suffi de quelques mots pour réfuter ces erreurs dans notre précédent travail (n° 4).

II. — Nous avions toujours prétendu que si l'on venait à rompre l'équilibre hydrostatique, en pompant de l'eau dans les dunes, un nouvel équilibre ne tarderait pas à s'établir et que, par conséquent, l'eau d'une nappe libre reposant sur une base mobile pouvait remonter par ce fait. M. van Ertborn a nié la possibilité d'un pareil phénomène

---

(1) *Bull. de la Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol.*, t. XVII, 1903, Mém., p. 299.

et il a même cru que le caractère fondamental de toute nappe libre est de ne pouvoir remonter (1).

III. — M. van Ertborn a prétendu que le cube d'eau que pourraient fournir les dunes serait tout au plus suffisant pour alimenter de toutes petites stations balnéaires.

A son avis, il manque à la nappe des dunes un bassin compensateur (2).

M. van Ertborn ne croit pas que l'eau du sous-sol de la zone littorale puisse s'écouler souterrainement vers la mer en passant par les dunes (3).

Il partage en ce point les idées de M. Penninck. Les observations de ce dernier démontrent, en effet, qu'en Hollande il existe, en profondeur, un courant d'eau saumâtre s'écoulant de la mer vers l'ancienne mer de Harlem.

M. van Ertborn en déduit qu'en Belgique il en est de même et que pas une goutte d'eau venant de l'intérieur des terres ne s'écoule souterrainement vers la mer. Nous montrerons dans la suite que le fait de l'écoulement des eaux vers la dépression que constitue la mer de Harlem démontre précisément la possibilité de l'écoulement, dans des conditions identiques, des eaux du continent vers le point le plus bas, qui se trouve être, en Belgique, la mer du Nord.

IV. — Nous avons estimé, au minimum, à 4 mètres cubes par hectare et par jour le cube d'eau absorbé par le sol sableux des dunes. Nous nous basions, pour cette estimation, sur ce fait que la perméabilité du sable des dunes était en tout cas supérieure à la perméabilité du limon hesbayen, lequel permet de compter sur un rendement de 4 mètres cubes par hectare et par jour. Quant à M. van Ertborn, il estimait le rendement de la nappe des dunes à 2 ou 3 mètres cubes (4).

V. — M. van Ertborn croit que si l'on établissait une prise d'eau quelque peu importante dans les dunes, l'eau mauvaise des polders s'y infiltrerait et contaminerait la nappe des dunes.

---

(1) *Bull. de la Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol.*, t. XVII, 1903, Mém., p. 312.

(2) *Bull. de la Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol.*, t. XVII, 1903, Mém., pp. 300-301.

(3) *Bull. de la Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol.*, t. XIX, 1904, Mém., pp. 218-219.

(4) *Bull. de la Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol.*, t. XVI, 1902, Pr.-Verb., p. 521.

Telles sont, résumées, les objections qui ont été présentées à la thèse que nous avons toujours soutenue.

*
* *

Nous allons voir maintenant comment les observations faites en Hollande nous ont donné raison. Nous répondrons, dans l'ordre établi plus haut, aux objections que l'on nous a faites.

I. — M. Penninck, dans l'important travail qu'il vient de publier à ce sujet (1), démontre, par une série d'observations très complètes et d'une façon indiscutable, que la théorie de l'eau douce flottant sur l'eau de mer est vraie.

Les chiffres donnés par la formule correspondent presque partout à la réalité. M. van Ertborn lui-même reconnaît que la théorie de l'eau mobile est vraie (2).

Comme nous l'avions toujours prédit, il existe une zone de transition, épaisse de 10 à 20 mètres, contenant des eaux mélangées saumâtres.

II. — Les observations faites le long du littoral hollandais par MM. E. Dubois (3) et Penninck montrent que la nappe libre est animée d'un mouvement ascensionnel dans les polders bas. Il se produit de même un mouvement ascensionnel de la nappe des dunes lorsque l'on y fait un appel d'eau. On voit par là à quel point M. van Ertborn faisait erreur en posant comme principe fondamental que l'eau d'une nappe libre ne pouvait remonter.

Dans son dernier travail, en 1904, M. van Ertborn admet, enfin, ce mouvement ascensionnel.

Chose étonnante, il annonce même comme une découverte de M. Penninck ce phénomène dont nous avons déjà parlé dans notre travail paru en 1902.

III. — Le fait que l'eau de la nappe libre des dunes remonte lorsque l'on y établit une prise d'eau assez importante, permet de compter sur le bassin compensateur dont nous avons révélé l'existence et dont M. van Ertborn n'a jamais voulu entendre parler.

---

(1) De « Prise d'eau » der Amsterdamsche duinwaterleiding (Institut royal des Ingénieurs). La Haye, 1904.

(2) *Bull. de la Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol.*, t. XVIII, 1904, PR.-VERB., p. 221.

(3) E. DUBOIS, *Étude sur les eaux souterraines des Pays-Bas. L'eau douce du sous-sol des Dunes et des Polders* (ARCHIVES DU MUSÉE TEYLER, 1904).

Nous avons soutenu de plus que toute une zone littorale de 15 à 20 kilomètres de largeur servait, en Belgique, de bassin compensateur, et nous avons donné les arguments suivants à l'appui de notre manière de voir :

1° Absence presque complète de sources d'exutoires superficiels;

2° L'argile ypresienne est la base imperméable de la nappe libre des polders et des dunes; elle penche régulièrement vers la mer;

3° La mer du Nord et la plage étant les régions les plus basses, et le niveau de la nappe aquifère des polders étant supérieur au niveau moyen de la mer, l'eau doit s'écouler vers cette dépression.

Nous en avons conclu que les eaux qui s'infiltraient dans le sol de toute la zone littorale s'écoulaient souterrainement vers la mer et que, par conséquent, toute cette zone pouvait servir de bassin compensateur dans le cas où l'on établirait une captation dans les dunes.

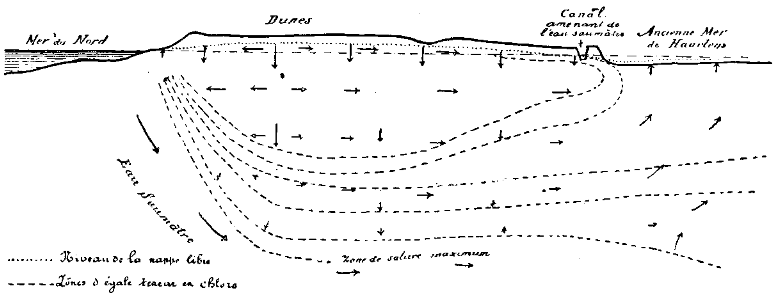


Fig. 2.

M. Penninck démontre d'une façon indiscutable qu'en Hollande également les eaux de la nappe libre se dirigent vers le point le plus bas de la région, l'ancienne mer de Harlem, qui se trouve en dessous du niveau moyen de la mer. Cette dépression joue donc exactement le même rôle que celui que nous avons prévu pour la dépression fournie par la plage et la mer du Nord en Belgique; au surplus, pour mieux faire comprendre les mouvements qui affectent ces différentes parties de la nappe libre en Hollande, nous reproduisons ci-dessus, dans les grandes lignes, la coupe établie par M. Penninck; cette coupe est basée sur les observations des niveaux de l'eau dans les puits profonds et superficiels, et sur la teneur en chlore des différentes parties de la nappe.

Si nous comparons cette figure 2 à celle que nous avons donnée plus haut pour la Belgique, nous remarquerons de même :

1° Que les zones d'égales teneurs en chlore s'écartent l'une de l'autre au fur et à mesure que l'on se rapproche de la dépression à laquelle l'eau aboutit.

L'absorption lente de l'eau douce par l'eau salée produit une perte d'eau douce, qualifiée de mystérieuse par Penninck; cette perte se produit de la même manière en Belgique. Comme nous l'avons toujours dit, elle est nécessaire, car si elle était supprimée par suite d'une captation plus intense, la diffusion l'emporterait et gagnerait les couches supérieures, comme cela se produit dans la mer de Harlem;

2° La couche d'eau douce et l'eau salée sous-jacente sont animées également d'un mouvement vers la mer de Harlem.

On voit donc que si l'on avait appliqué à la Hollande la théorie que nous avions donnée pour la Belgique, on aurait parfaitement pu prévoir ce que M. Penninck y a trouvé. Cette constatation démontre d'une façon absolue la justesse de nos vues en ce qui concerne le littoral belge.

IV. — M. Penninck a trouvé dans les dunes un rendement de 8 à 10 mètres cubes par hectare et par jour en moyenne. M. van Ertborn avait trouvé exagéré le chiffre de 4 mètres cubes que nous donnions comme un minimum.

V. — M. van Ertborn croit, enfin, qu'il y aurait danger à attirer dans les dunes l'eau impropre à la consommation qui est contenue dans les polders. Nous nous sommes efforcé, mais en vain, à lui démontrer que cette eau circule, avant d'arriver à l'endroit de la captation, au travers d'une couche de sable des dunes suffisamment épaisse pour la purifier complètement.

VI. — Pour terminer la série des arguments de M. van Ertborn, nous dirons que celui-ci ne croit pas que l'équilibre se soit établi entre l'eau douce et l'eau de mer selon le processus que nous avons indiqué plus haut. Il croit, au contraire, que les eaux douces contenues dans le sous-sol en contre-bas de la mer sont des eaux fossiles, qui ont imprégné les couches avant leur affaissement et sont descendues avec elles à ce niveau à première vue *insolite*. Il appuie son argumentation sur les conditions géologiques suivantes : *Le sol s'est affaissé au fur et à mesure que la sédimentation lui faisait compensation pour le maintenir au-dessus de la mer*. Nous avouons que nous ne comprenons pas comment une formation sédimentaire marine ait pu se produire au-dessus du niveau de la mer !

* * *

En résumé, nous ne voyons pas pourquoi le sous-sol des dunes belges ne donnerait pas autant d'eau que les dunes hollandaises, et l'on sait que celles-ci alimentent les 500,000 habitants de la ville d'Amsterdam.

Nous avons montré que la nappe d'eau douce du littoral belge est tout aussi étendue qu'en Hollande.

La surface recouverte par les dunes ne change en rien l'étendue de la nappe ni la vitesse des eaux du sous-sol. Il suffit que cette superficie des dunes soit assez étendue pour qu'on puisse y établir une prise d'eau. Le point important est de savoir si l'eau captée peut se renouveler.

Sans vouloir chercher à apprécier la vitesse de la circulation de l'eau dans les dunes, nous pouvons cependant affirmer à ce point de vue que le littoral belge se trouve dans des conditions plus favorables que le littoral hollandais :

1° Le sol est de plusieurs mètres plus élevé que le niveau moyen de la mer;

2° Il ne s'y trouve guère de dépression analogue à l'ancienne mer de Harlem et constituant, comme elle, une zone où l'eau saumâtre peut faire irruption et diminuer ainsi le cercle d'eau douce disponible;

3° La base imperméable se trouve à une beaucoup moins grande profondeur et elle penche vers la mer.

* * *

Nous citerons encore quelques observations de M. Penninck qui confirment nos idées jusque dans les moindres détails.

M. Penninck a trouvé que le niveau de la nappe d'eau douce oscillait avec les marées. Conformément à nos prévisions, cette oscillation est maximum au voisinage de la mer et se fait sentir jusqu'à une distance de 1 550 mètres du rivage.

Lorsque l'on établit un pompage intense au voisinage du littoral hollandais, la proportion en chlore dans l'eau augmente en cet endroit. Comme nous l'avons prévu, il se forme une protubérance dans la surface précédemment unie de l'eau saumâtre sous-jacente. Ainsi que nous l'avons dit depuis longtemps déjà, il ne faut donc pas exagérer l'intensité du pompage si l'on veut éviter l'invasion de l'eau saumâtre.

Les observations que M. Penninck a faites en repérant le niveau de l'eau dans les puits profonds et les puits superficiels démontrent un phénomène dont nous avons prévu l'existence :

L'eau de la partie supérieure d'une nappe libre peut, en certains endroits, s'écouler dans un sens opposé à l'écoulement général des parties profondes.

* * *

Nous sommes convaincu que c'est avec la meilleure foi du monde que M. van Ertborn a combattu notre thèse sur l'allure des nappes

aquifères dans les terrains perméables en petit baignés par la mer. Nous n'aurions certes pas prolongé ce débat si notre honorable contradicteur n'avait pas eu l'idée malheureuse de nous opposer, dans un article bibliographique (1), certaines observations de M. Penninck, alors que celles-ci nous donnent entièrement raison.

Nous sommes donc extrêmement reconnaissant à notre honorable contradicteur de nous avoir fourni l'occasion de publier un travail qui démontre, par des observations détaillées sur le terrain, l'exactitude de notre thèse jusque dans ses plus petits détails.

M. *Van den Broeck*, relevant cette affirmation de M. d'Andrimont que la minime largeur des dunes en Belgique, comparée aux dimensions qu'elles atteignent en Hollande, n'a pas d'importance pour le débit du réservoir qu'elles constituent, fait observer qu'en Belgique les dunes sont très généralement bordées par le manteau *imperméable* de l'argile des polders. Celui-ci réduit donc fortement les dimensions des zones d'infiltration et par conséquent d'alimentation des réserves aquifères sous-jacentes aux dunes.

Nos dunes belges, si peu développées, du moins dans la partie moyenne ou centrale de notre littoral, ne lui semblent donc pas pouvoir constituer un réservoir analogue à celui qui est tout indiqué en Hollande, où les dunes prennent un développement considérable.

M. *Rutot* observe que le facteur d'imperméabilité fourni par la présence de l'argile des polders, dont parlait tout à l'heure M. Van den Broeck et qui enserre nos dunes, est compensé dans une certaine mesure par la discontinuité de ce dépôt moderne. Rien n'est plus facile que de s'en assurer par la simple lecture de la Carte géologique au 40000e, dont les sondages, tous repérés sur la Carte, fournissent les indications nécessaires pour constater, à la simple lecture, l'absence ou la présence de l'argile poldérienne, qui ne constitue nullement un manteau continu, manteau dont les nombreux trous favorisent donc l'infiltration des eaux superficielles dans le sens préconisé par M. d'Andrimont.

En l'absence de M. le *baron van Ertborn*, M. *Van den Broeck* donne lecture d'une analyse, présentée par son collègue, du travail de M. le *professeur E. Dubois* sur les *eaux souterraines des Pays-Bas.*

---

(1) *Bull. de la Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol.*, t. XVIII, 1904, Pr.-Verb., pp. 217-225.

Eug. Dubois. — **Études sur les eaux souterraines des Pays-Bas. L'eau douce du sous-sol des Dunes et des Polders.** [*Archives du Musée Teyler*, Harlem, sér. II, t. IX, première partie (1).]

Notre confrère et ami M. le professeur Eug. Dubois a bien voulu nous offrir un exemplaire de ses *Études sur les eaux souterraines des Pays-Bas*. Nous lui en sommes d'autant plus reconnaissant que ce travail renferme des données des plus intéressantes sur le cheminement souterrain des eaux. On se figurerait que les deux provinces de Nord- et Sud-Hollande, habitées par les deux cinquièmes de la population des Pays-Bas et qui renferment les trois plus grandes villes du royaume, devraient, par suite de leur situation au niveau de la mer, être fort mal dotées d'eau potable, comme le fait très judicieusement remarquer l'auteur.

Il n'en est heureusement pas ainsi, quoiqu'en sous-sol, sauf quelques couches de tourbe et d'argile sableuse, le sable qui pourrait s'imbiber de l'eau de mer eût plusieurs centaines de mètres de puissance.

Par suite des différences de densité, l'eau douce se trouve *superposée* aux eaux salées dans les sables à grain fin.

Ce fut M. Badon Ghyben, capitaine du génie, qui, en 1887, émit le premier l'idée que les eaux météoriques, s'accumulant dans les dunes au-dessus de la cote 0, devaient, par l'effet de la surcharge, refouler les eaux salées, en conséquence de la différence de densité; l'eau douce devrait nager sur l'eau salée de telle manière qu'il y aurait équilibre quand les $\frac{41}{42}$ de la première se seraient enfoncées au-dessous du niveau de la mer. De nombreux puits tubés, profonds de 30, 40 et même de 100 mètres, forés sur les limites orientales des dunes et dans les dunes mêmes, ont permis de confirmer le fait.

La théorie de M. Badon Ghyben, attribuée à tort à M. Herzberg, n'est cependant pas applicable, dans toute sa rigueur, à la Hollande. En effet, on trouve dans des Polders, situés à 1^m50 sous le zéro d'Amsterdam, des eaux douces jusqu'à 50 mètres de profondeur. D'autres Polders, mis à sec depuis plus de trois siècles et profonds de 4 mètres

(1) Ce résumé, destiné à paraître au *Bulletin bibliographique*, a été admis à figurer au Procès-Verbal de la séance par suite de la discussion à laquelle ont donné lieu les matières traitées dans le mémoire ici analysé.

sous le zéro d'Amsterdam, ont néanmoins, à de certains endroits, de l'eau assez douce à 30 mètres de profondeur. Il en est de même dans le Polder du Lac de Harlem, mis à sec depuis une cinquantaine d'années et qui est situé à la cote — 4. En ces zones, la théorie de Badon Ghyben devrait faire monter les eaux salées au sol et tel n'est pas le cas.

Dans les îles de la Frise orientale, telles que Norderney, très peu larges, simples amas de sable, le problème est des plus simples; il est beaucoup plus compliqué dans les Pays-Bas, où la constitution géologique du sol n'est pas la même. Presque partout, dans les Polders, on trouve des alternances de couches argileuses et tourbeuses qui rendent le sol bien moins perméable qu'à la même profondeur à Norderney.

Ces couches, peu perméables et assez continues, ont une puissance d'une vingtaine de mètres; plus bas se trouvent des sables grossiers, des graviers et des cailloux, alternant avec des bancs argileux discontinus. Les dépôts à gros éléments facilitent l'écoulement souterrain des eaux des polders et autres terrains élevés vers les polders situés à un niveau bien inférieur.

Depuis le commencement du Pliocène, les Pays-Bas occupent une zone d'affaissement, que le Rhin d'alors et ses affluents, l'action glaciaire ensuite, n'ont cessé de combler, en y accumulant une immense quantité de sédiments.

L'Amstelien, Pliocène supérieur marin, ne fut atteint par la sonde, dans le sous-sol d'Amsterdam, qu'à la cote — 200 et ne fut pas percé à la cote — 335.

L'auteur passe ensuite à un exposé géologique du sous-sol des Pays-Bas, qui présente le plus grand intérêt scientifique. La partie supérieure des dépôts quaternaires est bien connue par un grand nombre de sondages. Ces dépôts sont constitués par les éléments grossiers dont nous avons parlé, alternant irrégulièrement avec des couches plus ou moins argileuses. La sonde y rencontre souvent des cailloux dont le poids peut atteindre plusieurs kilogrammes. Ces blocs, quelquefois d'origine scandinave, révèlent l'action glaciaire; on les trouve à partir de la cote — 30.

A Wijk-aan-Zee, on trouve de ces dépôts morainiques de — 31 à — 35, de — 47 à — 59 et à la cote — 100. Il est important d'établir que la couche supérieure caillouteuse marque la dernière phase glaciaire de cette époque. D'après M. le Dr Lorié, les dépôts glaciaires ne se rencontreraient que beaucoup plus bas, et le Quaternaire supérieur aurait un facies sableux inférieur d'origine fluviatile. Le facies marin supérieur,

désigné par M. Harting sous le nom d'*Eemien*, de la vallée de la petite rivière Eem, où se trouve le gisement type, est l'équivalent du *Flandrien* belge. Il est caractérisé par une faune assez abondante, où les *Cardium* et les *Ostrea* dominent. Cette faune, par certaines espèces, a plus de rapport avec celle des mers anglaises actuelles qu'avec celle des côtes néerlandaises.

C'est le terme supérieur des dépôts quaternaires. Ceux d'âge moderne sont dénommés *Alluvium* par M. Lorié.

D'après M. Lorié, la partie inférieure, graveleuse, des sables serait d'origine fluviatile; cette opinion est basée sur l'absence de coquilles marines. M. E. Dubois ne la partage pas. Le premier considère encore le *Diluvium sableux* comme d'âge postglaciaire et le *Diluvium graveleux* seul serait d'origine glaciaire. De nombreux sondages démontrent que le premier contient des cailloux qu'aucun courant ne pourrait charrier à d'aussi grandes distances sans le concours de glaçons, c'est-à-dire des glaces de fond descendant à la débâcle.

Le sable graveleux supérieur, contenant des cailloux, couvre une grande étendue, mais sa puissance ne dépasse pas 10 mètres. Les faits constatés ne peuvent s'expliquer que par un dégel rapide à la fin d'une période glaciaire, les eaux entraînant le sable, les glaçons et cailloux et les vestiges d'une faune coquillière non arctique et les réunissant dans la même couche. L'Eemien ne peut être considéré comme postglaciaire, car il comprend, en certains endroits, des argiles à blocaux, contenant beaucoup de cailloux scandinaves portant encore les stries glaciaires. L'auteur a pu suivre le gisement sur une quinzaine de kilomètres.

M. Eug. Dubois s'occupe ensuite de l'assise supérieure postglaciaire, à éléments fins; il démontre, par les coupes de nombreux sondages, que les couches d'argile sableuse, de sable argileux et de sables sont discontinues. La mer avait envahi la région bien avant la sédimentation de l'Eemien. On trouve des coquilles marines bien plus profondément dans le sol : à Amsterdam jusqu'à 41 mètres, à Alkmaar jusqu'à 65 mètres et à Alsmeer jusqu'à 83 mètres, etc.

La question de la pluralité des phases glaciaires n'est ici, au point de vue de l'hydrologie, que d'une importance secondaire; l'irrégularité des dépôts n'en serait pas moindre et, de plus, les sédiments interglaciaires auraient certainement été fortement remaniés par le glacier suivant.

A Amsterdam, à 46 mètres, à Sloten, à 35 et 52 mètres, et en d'autres points, à des profondeurs variables, on a trouvé des couches

de tourbe durcie ou de terre noirâtre avec débris de végétaux; ces dépôts peu étendus, à des profondeurs diverses, indiqueraient peut-être des phases interglaciaires.

Au point de vue hydrologique, il serait intéressant de connaître le *pendage* de l'Eemien; d'après M. Lorié, celui-ci serait Ouest et Nord; mais cette opinion n'est basée sur aucune ligne statigraphique bien marquée. M. Dubois préfère la fixer au banc inférieur de tourbe. Celui-ci se trouve partout en Nord-Hollande entre les cotes — 17 et — 20. Ce lit de tourbe comprimé comprend *Pinus sylvestris* et autres espèces de sol élevé, de manière qu'on peut le considérer comme ayant formé une haute tourbière.

Ce lit tourbeux nous fait connaître une époque pendant laquelle le sol occupait certainement un niveau plus élevé d'une cinquantaine de mètres qu'aujourd'hui; ce fait, dans l'opinion de l'auteur de ce rapport, est des plus importants au point de vue de l'hydrographie souterraine. En effet, le sol a pu s'imprégner complètement d'eau douce pendant cette époque et descendre ensuite en contre-bas du niveau de la mer, entraînant dans ses pores une prodigieuse quantité d'eau douce. La pression par différence de densité étant absolument trop faible pour refouler l'eau douce et vaincre les résistances de frottement, celle-ci est restée dans le sol.

Le lit de tourbe inférieur se trouve irrégulièrement vers les cotes — 18 et — 20 en Nord-Hollande; il est donc à peu près horizontal dans cette région; une seconde couche analogue se trouve entre les cotes — 11 et — 13 et la tourbe moderne beaucoup moins comprimée près de la surface dans beaucoup de polders.

L'auteur passe ensuite à l'examen de la perméabilité de ces couches diverses et au pourcentage d'eau qu'elles peuvent contenir.

Les sables grossiers contiennent 36 % d'eau, les sables moyens, comme ceux des dunes, 35 à 40 %, et les sables fins, 42 %. Les argiles susceptibles de se dilater, 50 %, soit la moitié de leur volume, et dans la tourbe le volume d'eau dépasse de beaucoup la matière solide. Toutefois, lorsque les argiles et les tourbes sont comprimées, leur pouvoir absorbant diminue rapidement.

L'auteur se propose de publier dans un autre mémoire le résultat de ses recherches et de ses expériences sur les vitesses des eaux souterraines.

M. Dubois traite ensuite la direction du mouvement et l'origine de l'eau souterraine en Hollande. On a attribué cette origine aux causes

les plus invraisemblables. Les uns ont mis en avant le courant souterrain des anciennes rivières géologiques, d'autres supposaient de puissants courants artésiens, d'autres enfin l'attribuaient à la condensation de la vapeur d'eau dans les pores des dépôts sableux asséchés. Cette dernière hypothèse fut combattue victorieusement par le célèbre météorologiste M. Hahn, de Vienne, qui fit voir que dans la saison la plus favorable il devrait, par jour et par mètre carré de surface, passer 1 000 mètres cubes d'air dans le sable pour atteindre la quantité d'eau pluviale qui tombe pendant une année. On perdait tout à fait de vue les eaux météoriques, dont la déperdition par ruissellement est presque nulle en pays plat.

Quant à la direction, il est évident que les eaux doivent se diriger des points les plus élevés vers les plus bas. Il est prouvé qu'il en est de même dans la profondeur qu'à la surface. Dans les Pays-Bas, où les pendages sont presque nuls, ce mouvement de translation est extrêmement lent. Nous pouvons facilement nous en former une idée. Tout le monde connaît la perméabilité du sable bruxellien, surtout celle de sa base. Son pendage kilométrique est de 5 mètres. Ce sable est limité à l'Ouest par la vallée de la Senne. Si l'eau circulait avec facilité, le sable devrait être complètement asséché; il n'en est point ainsi. Au faîte de la pente rapide de la rive droite, à l'endroit bien connu sous le nom de *Ma Campagne*, la nappe aquifère a encore 9 mètres d'épaisseur. Les sources qui sourdent au contact de l'Ypresien sont bien modestes. Ces faits témoignent de la lenteur de la translation des eaux; même dans les conditions les plus favorables, il nous font voir combien doit être lente la translation latérale de la nappe aquifère dans les plaines horizontales.

En Hollande, on constate que le niveau piézométrique des puits tubés profonds s'équilibre en contre-bas de celui des puits peu profonds, situés tout à côté. Cette différence peut atteindre 2 mètres. Ce fait indique que les sables grossiers sont la voie principale du cheminement horizontal de l'eau. On constate aussi dans cette région que la surface de la nappe aquifère suit les reliefs du sol, mais atténués toutefois, sur une bien moindre échelle que dans les régions plus accidentées.

Le courant souterrain se fait de la région dunale vers les polders élevés voisins des dunes et de là vers les polders situés aux cotes les plus basses. L'asséchement du lac de Harlem a modifié le régime hydrographique souterrain dans toute la zone; ce qui s'explique par l'abaissement du plan d'eau, qui fut de 5 mètres environ.

L'auteur s'occupe ensuite du niveau de la nappe phréatique et des causes qui peuvent l'influencer. La principale est certainement celle des pluies continues, qui augmentent les réserves. Il en est d'autres secondaires et plutôt apparentes, telles que la pression barométrique, le poids de la croûte superficielle sèche ou humide; on a constaté des marées souterraines, qui sont causées par l'action hydrostatique des hautes eaux, le niveau dans les puits tubés suivant de loin et attardé les marées sur la côte.

Page 60 de son mémoire, l'auteur fait remarquer qu'à 11 mètres de profondeur, en dessous du lit de tourbe durcie, commence une nappe d'eau douce dans le Rieker polder, alors que celle des couches superficielles est saumâtre pendant toute l'année. Il est presque porté à croire que la première est une relique des temps passés; nous avons déjà fait connaître notre avis à ce sujet; nous le croyons fermement et nous ajoutions que les eaux douces s'emmagasinèrent dans ces couches alors qu'elles occupaient un niveau bien supérieur à leur niveau actuel. Les tertiaires supérieurs démontrent à l'évidence, et la tourbe moderne également, que le sol s'est affaissé.

Si le lac Flevo s'est transformé en golfe de Zuiderzee au XIIIe siècle, c'est que l'affaissement se continuait et que les flots marins enlevèrent la tourbe supérieure et envahirent la dépression ainsi formée.

Rien ne contredit de nos jours la continuation de ce mouvement descendant très lent. L'idée de l'eau fossile avait été émise par M. H.-E. De Bruyn. Toutefois, l'auteur ne partage point l'avis de ce dernier; son opinion est basée sur l'influence que pourrait avoir le filtrage de l'eau à travers la couche argilo-sableuse, sur sa contenance en sels en dissolution. Des expériences très complètes devraient être faites avant de pouvoir émettre une opinion à ce sujet. Tout ce que nous savons par expérience, c'est que plus les eaux artésiennes ont filtré loin en Belgique, plus elles sont bicarbonatées-sodiques, et ces mêmes sels se retrouvent à tous les niveaux aquifères, même lorsqu'ils sont séparés par plus de 100 mètres d'argile plastique. Tout le monde connaît le sable vert landenien *L1d*, si fin et si exceptionnellement fluide; à 200 mètres, il contient 3 grammes de sels en dissolution. Il résulte des pendages de la base de l'Ypresien que pour arriver à cette profondeur, l'eau a fait un parcours d'au moins 30 kilomètres. Jamais nous n'avons ouï dire qu'aux affleurements l'eau de la nappe phréatique landenienne soit minéralisée; il en est de même pour celle du Ledien et du Laekenien qui, aux affleurements, contient du carbonate de chaux provenant des sables calcareux d'âge éocène moyen.

L'auteur consacre ensuite un chapitre à quelques substances dissoutes dans les eaux souterraines dans les terres basses des Pays-Bas.

Outre le sel marin, on y trouve le bicarbonate de fer, comme à la Wilhelminabron, dans le Haarlemermeer polder. La décomposition lente de la tourbe est l'origine de l'*ammoniaque, qu'on rencontre souvent en quantités assez considérables* dans les eaux souterraines de cette contrée. Cette ammoniaque, comme le savait déjà Liebig, est fortement diminuée par le filtrage à travers une couche argileuse. Le *bicarbonate de soude* en quantités notables n'est pas rare. La tourbe donne aussi naissance au *méthane* et à l'*acide carbonique* actif dissolvant de la chaux et du fer. On recueille même le *méthane* (gaz des marais) pour l'usage domestique. Enfin l'eau de la nappe inférieure peut contenir abondamment de l'*hydrogène sulfuré.*

Dans un chapitre suivant, l'auteur estime ensuite la quantité d'eau douce que peuvent contenir ces énormes couches de sable; elle se chiffre par des milliards de mètres cubes; il la compare à celles qui remplissent certains lacs de la Suisse. Le captage de ces eaux aux différents niveaux peut se faire, près de la surface, par les diverses espèces de drains horizontaux, et en profondeur, par les drains verticaux ou puits filtrants.

Au sujet de ces derniers, l'auteur se livre à une étude complète de ceux de la Papeterie de Velsen. Cette étude, quoique circonscrite à cette usine, implique celle de toute cette région. Des expériences de laboratoire ont appris que l'eau circule dix fois plus rapidement dans les sables graveleux quaternaires que dans les sables fins superficiels d'âge moderne.

La quantité puisée par la Papeterie est très considérable et s'élève à environ un million de mètres cubes par an. La quantité de chlore est restée minime, quoique le pompage soit intensif et dure déjà depuis plusieurs années.

Tel est le résumé du remarquable mémoire publié par M. le professeur Dubois dans les *Archives du Musée Teyler*, et comprenant 96 pages grand in-8°. Espérons qu'il nous donnera bientôt la suite de ses expériences et de ses observations.

M. le *Secrétaire général* donne ensuite lecture de la Note suivante que comptait communiquer M. *van Ertborn* s'il avait pu assister à la séance :

Note additionnelle par O. van Ertborn.

Nous nous permettrons d'ajouter quelques mots au résumé bien incomplet que nous venons de faire du mémoire si intéressant de M. le professeur Eug. Dubois. Nous nous demandons si l'on peut en tirer quelque profit pour l'alimentation en eau potable de la *plaine maritime belge.*

Nous ne le croyons pas. L'*Enquête sur les eaux alimentaires* (1), *Rapport de M. l'ingénieur J.-B. André*, a démontré à l'évidence que dans toute cette zone les eaux sont de la plus mauvaise qualité et que l'on y supplée en captant les eaux pluviales dans les citernes et que, même dans les centres importants, il y a des citernes publiques à l'instar de celles qui alimentent encore de nos jours Jérusalem.

La question dont nous parlons a déjà été traitée dans les publications des sociétés scientifiques qui, en Belgique, s'occupent d'hydrologie, sans indiquer un remède radical au mal. On a même parlé souvent à côté de la question, nous en convenons; il s'est même agi de la salure des eaux artésiennes (2), de l'eau douce flottant sur l'eau de mer par suite de différence de densité, etc., etc.

La région dunale, d'une étendue très limitée en Belgique, dépourvue de tout bassin compensateur, peut suffire tout au plus à l'alimentation limitée d'une ou deux stations balnéaires; toute la population de la plaine resterait dépourvue d'eau potable.

Dans cette plaine basse, les tourbes, les sables tourbeux, les fumures contaminent la nappe phréatique, très voisine de la surface. Les eaux météoriques tombant sur les terrains cultivés entraînent avec elles les nitrites, les nitrates, l'ammoniaque; nous l'avons constaté bien souvent. On ne peut songer à une épuration générale. En ce point, le mal est irrémédiable.

Inutile de parler de la *couche graveleuse d'origine glaciaire*, très aquifère dans les provinces de Nord- et Sud-Hollande : elle n'existe pas en Belgique.

---

(1) Ministère de l'Agriculture. Pour le résumé, voir *Bull. de la Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol.*, t. XVII, 1903, Mém., pp. 297 à 315.

(2) On attribuait la salure des eaux artésiennes des puits d'Ostende à un affleurement des couches perméables dans le Pas-de-Calais et la *métamorphose* des sels à leur filtration à travers le sol. La quantité ne s'élève pas à 3 grammes, tout au plus, par litre, tandis que la nappe artésienne, rencontrée à 304 mètres par le sondage houiller de Santhoven, en contient 12 grammes. A ce niveau se trouvent les sables de l'Éocène moyen, auxquels on ne connaît certainement aucun affleurement sous-marin. La salure a donc une autre origine. (Les *Annales* indiquent une source vers 500 mètres en ce même point.)

Notre confrère M. Putzeys a proposé, à la séance de la Société du 15 mars 1904, de capter les eaux du *Diestien dunal* à Moll. Ces sables très purs occupant une région peu habitée, il est facile de se prémunir contre toute contamination. En cette zone peut se trouver la solution du problème. Nous ne pouvons nous rallier à l'opinion de M. Rutot, qui propose de drainer la région située entre Oostmalle et Ryckevorsel. En ces points affleurent des sables d'âge plus récent que ceux de Moll, car ils reposent sur le Poederlien et ils sont recouverts à Ryckevorsel même par les argiles de la Campine, à *Cervus Falconeri*. Ils sont donc d'âge pliocène supérieur.

Ces sables, d'origine fluviatile, contiennent beaucoup de bois flotté et de dépôts tourbeux, qui rendent les eaux *puantes* (1).

On ne saurait donc hésiter entre la région de Moll et celle-ci. Toutefois il y aura lieu de relever soigneusement la surface occupée par le Diestien dunal et de constater sa puissance partout; car le sable glauconifère diestien est fort à craindre : souvent altéré, les eaux qu'il contient sont fréquemment ferrugineuses. S'il y a beaucoup d'eau en sous-sol campinois, le dicton n'en reste pas moins vrai : *plus il y en a, plus elle est mauvaise*, et à ce sujet nous avons entendu bien des plaintes. Les sondages n'ont guère donné de bons résultats, et tout le monde ne peut recourir à la nappe artésienne du Bruxellien. Comme conclusion, nous appuierons l'idée émise par M. Putzeys et nous espérons que l'exploration de la région de Moll donnera de bons résultats.

A la suite des communications qui précèdent, M. *d'Andrimont* relève divers points de l'analyse des travaux de M. Dubois par M. van Ertborn, et il a envoyé pour le Procès-Verbal la rédaction suivante de ses observations :

Quelques remarques formulées par M. René d'Andrimont à la suite de l'article bibliographique de M. van Ertborn sur le travail de M. E. Dubois intitulé : ÉTUDES SUR LES EAUX SOUTERRAINES DES PAYS-BAS. — L'EAU DOUCE DU SOUS-SOL DES DUNES ET DES POLDERS.

Je ferai remarquer que M. Dubois avait déjà publié le résultat de ses observations dans un travail paru en 1903 (2). Je me suis même basé

(1) Voir E. DELVAUX, *Puits artésien de l'établissement colonial de Merxplas* (SOC. GÉOL. DE BELGIQUE, t. XVIII, p. 113, *Mém.*).

(2) *Feiten ter opsporing van de bewegensrichting en de oorsprong van het grondwater onzer zeeprovincien.* (VERSLAG VAN DE GEWONE VERGADERING DER WIS- EN NATUURKUNDIGE AFDEELING van 27 Juni 1903.)

sur les observations de M. Dubois pour réfuter une partie des objections faites par M. van Ertborn à la thèse que j'avais émise dès l'année 1902, alors que nous ne connaissions que la seule formule de MM. Badon Ghyben-Herzberg.

A la suite de cette première communication (25 mai 1902), de nombreuses recherches ont été faites en Hollande. Les résultats de celles-ci ont été portés à la connaissance du public par MM. Dubois, Penninck, Ribbius et d'autres encore. Ils confirment jusque dans ses moindres détails la thèse que j'ai soutenue.

Je crois utile de relever également quelques considérations personnelles de M. van Ertborn que je ne puis admettre.

M. van Ertborn croit fermement que les eaux douces contenues en contre-bas de la mer pourraient être des eaux fossiles, reliques des temps passés, qui se sont enfoncées avec les couches perméables qui les contenaient. J'objecterai à cette manière de voir :

1° Que les terrains dont parle M. van Ertborn sont des sédiments marins; comme ils sont actuellement saturés d'eau douce, celle-ci ne peut que s'être substituée à l'eau saumâtre contemporaine de la formation de ces couches. Il n'y a donc guère moyen de considérer ces eaux comme fossiles;

2° Que M. Penninck, dans le travail que M. van Ertborn a lui-même analysé dernièrement dans le *Bulletin* de la Société, démontre, par des observations concluantes des niveaux piézométriques à diverses profondeurs, que les eaux douces et même les eaux saumâtres sous-jacentes circulent avec une vitesse appréciable. Par conséquent, elles ne peuvent être des eaux fossiles stagnantes.

Dans la note additionnelle dont il vient d'être donné lecture, M. van Ertborn persiste à ne pas vouloir admettre que la zone dunale de nos côtes puisse fournir aux habitants une eau saine et abondante.

Les observations faites en Hollande confirment la thèse que j'ai soutenue en ce qui concerne l'abondance des eaux du sous-sol des dunes et l'existence d'un bassin compensateur. Je me demande donc ce qu'il faudrait de plus à M. van Ertborn et je désespère de pouvoir jamais le ramener à mes idées.

En ce qui concerne la bonne qualité de l'eau que M. van Ertborn met encore en doute, je demande à M. Vande Casteele, qui dirige avec tant de compétence la prise d'eau de Heyst, s'il ne pourrait communiquer quelques résultats d'analyses à la Société.

M. *Vande Casteele*, de Blankenberghe, signale que depuis 1901 il a

fait dans les dunes domaniales situées entre Wenduyne et Ostende de nombreux sondages pour déterminer la composition du sous-sol des dunes, la puissance des couches de sable aquifère qui y règnent et la qualité des eaux que ces sables retiennent.

Les sondages de Wenduyne accusent la présence de l'*alp2* (*argile des polders supérieure*) sous forme d'un banc ayant 1^m30 d'épaisseur au droit de l'Hospice maritime, pour se réduire à 0^m20 à 1 kilomètre vers l'Ouest. Du côté du Coq-sur-Mer, le banc d'argile n'a pas été retrouvé, quoique le sondage eût plus de 25 mètres de profondeur.

Il a constaté aussi qu'à Wenduyne la face supérieure de l'*alp2* est à la cote + 2^m38; elle s'incline vers l'Ouest à 1 kilomètre de là jusqu'à la cote — 0^m24. Vers Ostende, *alp2* reparaît, mais à des niveaux différents. Dans les sondages effectués dans les dunes situées entre Heyst et Knocke, *alp2* n'a pas été rencontré.

On peut donc dire avec raison que la formation du banc d'argile *alp2* est *discontinue* et qu'elle est disposée en lentilles.

On peut déduire de là que les eaux météoriques tombant sur toute la surface de nos dunes contribuent à l'alimentation de la nappe aquifère. Entre Heyst et Knocke, cette nappe est retenue dans une couche de sable d'environ 6 mètres d'épaisseur régnant sur une étendue de plus de 250 hectares. La puissance de cette nappe a été jugée suffisante pour lui emprunter l'eau nécessaire à l'alimentation de la station balnéaire de Heyst-sur-Mer. Cette prise d'eau a été opérée au moyen de trente puits Norton avec filtre spécial et manteau protecteur contre l'introduction des sables fins; elle a coûté 28,000 francs. La prise d'eau fonctionne sans interruption depuis le mois de mai 1903 et a donné de bons résultats jusqu'à présent. On emprunte en moyenne 400 mètres cubes d'eau par jour sans constater une influence sensible sur les fluctuations du niveau général de la nappe.

Il existe donc dans les sables des dunes des réserves considérables de bonne eau; mais M. Vande Casteele ne pense pas qu'elles soient illimitées et que l'on puisse s'en servir pour alimenter toutes les grandes villes du littoral, comme quelques-uns en ont exprimé l'idée.

Ainsi à Middelkerke, où l'on croyait alimenter la station balnéaire au moyen de l'eau des dunes fournie par le « Sluysput », on a bien vite reconnu que cet étang ne donne que 25 à 30 mètres cubes d'eau par jour, alors qu'un débit journalier de 200 à 250 mètres cubes était escompté.

L'orateur a fait analyser sommairement les eaux retenues dans chaque couche rencontrée; leur teneur en NaCl varie de localité à

localité. Ainsi les eaux de Heyst contiennent $0^{gr}040$ de NaCl par litre; celles de Wenduyne, $0^{gr}078$ de NaCl par litre; celles de Coq-sur-Mer, $0^{gr}060$ de NaCl par litre.

Les analyses détaillées faites par notre confrère Duyk des eaux de Heyst et de Wenduyne accusent la présence d'une notable quantité de fer à l'état d'humate ferreux. Elles sont opalescentes, se troublent au contact de l'air; cependant la clarification s'opère ensuite par le repos. Au point de vue de l'aspect, il est nécessaire d'enlever des eaux des dunes le fer qu'elles contiennent.

A la suite d'une visite des installations de Tiel et de Tilbourg en Hollande, M. Vande Casteele a soumis à la ville de Heyst le projet d'une installation comprenant un aérage de l'eau par son passage à travers des filtres à coke, suivi d'un « straining » sur filtres de sable.

A propos du filtrage au sable, il n'est pas inutile de constater qu'à Blankenberghe on a obtenu, sous la direction de notre Président, les mêmes effets biologiques par l'emploi de sable des dunes, de préférence au sable de rivière, qui coûte très cher sur notre littoral.

L'orateur pense pouvoir déduire également des résultats de ses sondages que la théorie d'Hersberg n'est pas applicable à la nappe aquifère des dunes, car dans les couches de sable aqueux, on a, à Wenduyne :

a) Eau à la cote (1)	+ 4^m43. . . .	$0^{gr}060$ de NaCl par litre.
b) —	+ 1^m78. . . .	$0^{gr}078$	—
c) —	— 7^m37 . . .	$0^{gr}468$	—

tandis qu'au Coq on a eu, à la cote — 20^m64, de l'eau ne contenant que $0^{gr}050$ de NaCl par litre.

En résumé, dit M. Vande Casteele, et suivant l'expression pittoresque de notre honorable Président, « à la côte prendre l'eau des dunes, c'est puiser au meilleur tonneau »; l'eau de la nappe aquifère des dunes peut servir à l'alimentation de certaines de nos stations balnéaires, pourvu qu'elle soit prise dans de bonnes conditions et soumise aux opérations nécessaires pour la déferrifier.

M. *d'Andrimont* fait observer que les analyses de M. Vande Casteele montrent que l'eau des dunes est de loin préférable à celles que l'on voudrait à grand prix amener de Campine.

Un échange de vues se produit ensuite au sujet de la qualité de l'eau des dunes dont M. *Vande Casteele* a fait connaître les résultats d'analyses, qui sont très satisfaisants.

---

(1) Le *zéro* correspond au niveau moyen de basses mers de vives eaux à Ostende.

M. *d'Andrimont* expose ensuite à l'Assemblée les expériences de laboratoire qu'il a faites pour étudier l'allure des nappes aquifères dans les terrains perméables et s'exprime comme suit :

Note préliminaire sur une nouvelle méthode pour étudier expérimentalement l'allure des nappes aquifères dans les terrains perméables en petit. — Application aux nappes aquifères qui se trouvent en relation directe avec les eaux de mer.

M. De Heen, professeur de physique à l'Université de Liége, ayant gracieusement mis à ma disposition son laboratoire, j'ai entrepris une série d'expériences sur la perméabilité des terrains et sur la circulation de l'eau des nappes aquifères. J'ai, notamment, cherché à reproduire, dans une cuve en verre de $0^{m}60$ de côté et de $0^{m}30$ de haut, l'allure des nappes aquifères au contact de la mer telle que je l'ai toujours conçue (1).

La cuve a été remplie de sable des dunes. J'ai donné au sable un profil se rapprochant le plus possible de celui du littoral. J'ai incliné légèrement la cuve de telle sorte que le terrain et la base imperméable fussent légèrement inclinés vers le point le plus bas du profil représenté par la mer du Nord. J'ai d'abord versé dans la dépression marine une solution de bichromate potassique, de densité équivalente à celle de la mer, jusqu'à ce que tout le sable fût imbibé capillairement et coloré en jaune orange jusqu'à l'horizontale correspondant au niveau de la mer. J'ai ensuite versé régulièrement de l'eau douce incolore sur la partie représentant le continent. J'avais eu soin de disposer en divers endroits, le long des parois du verre, des grains de permanganate, afin que les traînées colorées émanant de ceux-ci pussent donner des indications précises sur le chemin parcouru par une goutte d'eau à partir du moment où elle atteint la nappe aquifère.

Voici les phénomènes que j'ai observés :

1° L'eau saumâtre colorée en jaune a été refoulée au fond du vase. La profondeur à laquelle se trouvait la zone de transition était partout proportionnelle au niveau de la nappe d'eau douce. La forme de surface de séparation entre les eaux douce et saumâtre était exactement

(1) Cette expérience a été reproduite devant les membres de la Société géologique de Belgique, le 19 février 1905.

celle que j'ai indiquée (fig. 1) dans le premier mémoire (1) que j'ai publié à ce sujet le 25 mai 1902, alors que pour toute donnée nous possédions les observations faites à l'île de Nordeney et qui démontraient qu'une lentille d'eau douce pouvait flotter sur l'eau salée plus dense;

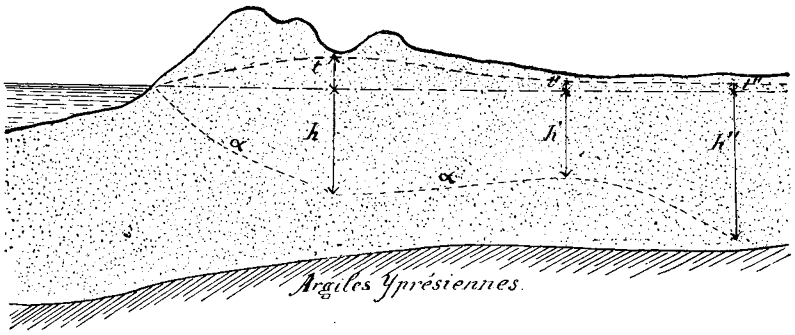


Fig. 1.

2° Une zone de diffusion très peu importante s'est formée. Après huit jours de repos, la distinction entre les deux liquides était encore très nette. J'ai fait concurremment l'expérience contraire, c'est-à-dire que de l'eau saumâtre a été versée sur de l'eau douce. Au bout de très peu de temps, le mélange était complet;

3° Durant tout le temps de l'alimentation en eau douce, il s'écoulait de l'eau douce le long de la plage artificielle;

4° Les eaux avaient un mouvement ascensionnel le long de la plage;

5° J'ai également produit artificiellement un appel d'eau à la partie supérieure de la nappe d'eau douce. Il s'est immédiatement formé une protubérance dans la surface de séparation entre les liquides de densité différente;

6° Lorsque l'on produit artificiellement une oscillation équivalant à une marée, la surface de délimitation entre les eaux douces et salées oscille également.

La méthode expérimentale qui vient d'être décrite et appliquée au cas d'un rivage marin pourrait servir à déterminer la direction d'écoulement des nappes aquifères, quelles que soient les conditions spéciales où elles se trouvent. Nous pourrons, notamment, étudier les relations

(1) *Note sur l'hydrologie du littoral belge* (Annales de la Société géologique, t. XXIX, fig. 5).

qui existent entre la forme extérieure de la nappe, le profil du sol et celui de la base imperméable. Mieux encore, les traînées rouges que l'eau engendre à son passage sur les grains de permanganate sont tellement nettes qu'elles permettent de déterminer, pour ainsi dire exactement, *le chemin parcouru par une goutte d'eau* depuis le moment où elle entre dans la nappe aquifère jusqu'au moment où elle en sort par un exutoire quelconque.

Nous pourrons, de même, étudier l'influence drainante d'une dépression, d'une galerie ou d'un puits atteignant une nappe aquifère.

Cette méthode s'annonce comme devant être féconde en résultats pratiques. Dès sa première application, elle nous a permis de déterminer quelques notions d'hydrologie restées jusqu'à présent assez obscures :

1° Dans le cas le plus simple d'une nappe aquifère dominant une vallée et drainée par celle-ci, la trajectoire décrite par une molécule est une courbe régulière dont la concavité est dirigée vers le haut. Nous nous réservons de reprendre les calculs qui ont été faits à ce sujet et nous comparerons la courbe calculée avec la courbe réelle;

2° La plupart des hydrologues ont admis, sans faire d'objection, que l'on pouvait distinguer dans une nappe libre une partie active et une partie passive.

D'après la définition admise, la partie active ou mobile d'une nappe était comprise au-dessus du plan horizontal passant par le point le plus bas pouvant servir d'exutoire à la nappe.

La partie passive ne participant pas au mouvement général de la nappe serait donc située en dessous du même plan (fig. 2).

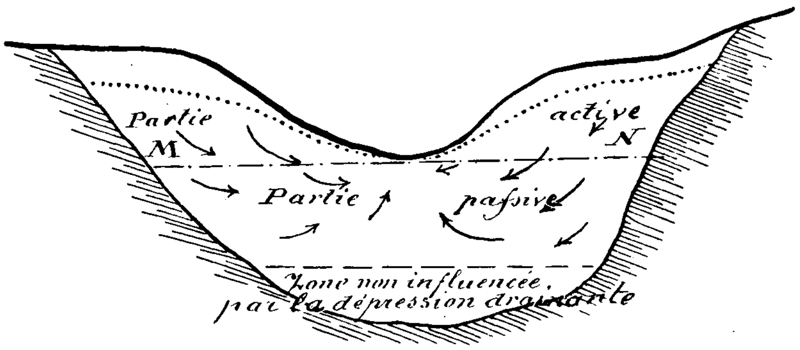


FIG. 2.

Notre expérience a démontré que la notion de la partie passive, telle qu'elle a été proposée et généralement admise, est fausse. En effet, des

grains de permanganate situés en des points comparables aux points de départ des flèches ont dégagé des traînées de permanganate très importantes dans le sens indiqué.

Il résulte de là qu'il faut reporter beaucoup plus bas la zone non influencée par la dépression drainante.

L'appellation « active » pourra être conservée à la partie de la nappe située au-dessus du plan MN, car c'est le poids de cette partie qui donne la charge nécessaire pour mettre en mouvement la partie passive qui subit l'action de la partie active.

Il existe alors en dessous de la partie passive une troisième zone où les eaux ne seront plus soumises à l'action drainante de la dépression et où, dans le cas de la figure 1, par exemple, elles pourront pour ainsi dire être stagnantes. Cette zone jouira des propriétés que l'on avait attribuées à tort à la nappe passive. Remarquons, en passant, que si la circulation de l'eau est possible à une certaine profondeur en dessous du niveau de drainage d'une région, il est facile d'expliquer dans certains cas les altérations de certains gîtes métallifères et la dissolution des calcaires en dessous du niveau de drainage d'une région, sans devoir faire appel à des soulèvements et des affaissements du sol.

Voyons maintenant s'il est possible de déterminer la profondeur de la zone non influencée par une dépression drainante déterminée.

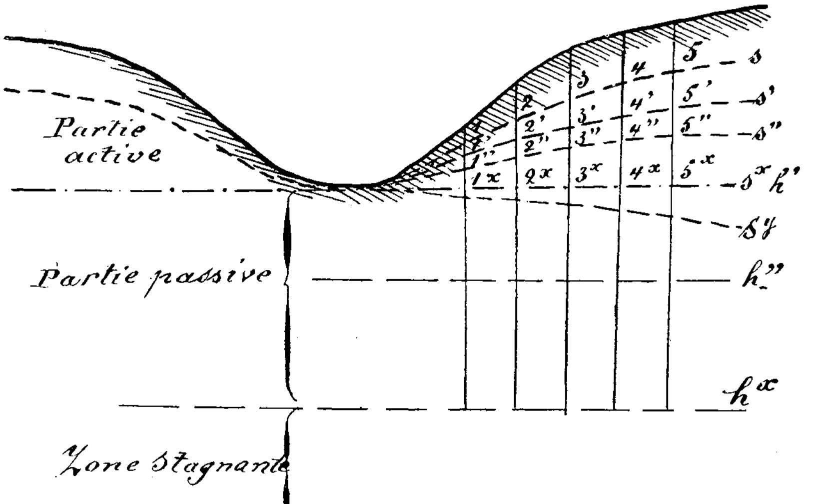


Fig. 3.

Nous savons (fig. 3) que la surface qui limite une nappe aquifère est une courbe convexe s d'une forme plus ou moins parabolique. Cette

forme peut avoir été reconnue par une succession de puits tubés 1, 2, 3, 4...; supposons que nous approfondissions ces mêmes puits jusqu'à un niveau marqué par l'horizontale h'; si ces puits ne sont en communication avec la nappe que par la base, l'eau montera jusqu'aux hauteurs 1′, 2′, 3′, 4′. Nous pourrons faire passer par ces points une courbe s' analogue à la courbe s, mais généralement plus aplatie. De même, les puits approfondis jusqu'en h'' donnent une courbe s'' et ainsi de suite.

Il arrivera un moment où les puits auront atteint une profondeur h^x telle que la courbe s^x se confondra avec l'horizontale. La profondeur des puits à ce moment correspondra à la limite entre la partie passive et la zone des eaux non influencée par la dépression drainante.

Cependant, cette zone non influencée par une dépression déterminée peut contenir des eaux circulant en profondeur dans un sens différent de la circulation des eaux de la partie active et passive. Nous pourrions, en effet, trouver pour des eaux contenues en dessous de h^x une courbe telle que s^y, indiquant une circulation en sens inverse vers un exutoire situé à droite et à une plus grande profondeur que la dépression.

Les expériences que nous avons faites pour reproduire les conditions hydrologiques du littoral belge ont démontré la possibilité de ces circulations d'eau dans une même nappe et dans des directions différentes en ce qui concerne le versant continental des dunes. Pour celui-ci, en effet, les eaux circulent superficiellement vers le continent et en profondeur vers la mer. Nous avions d'ailleurs déjà parlé de ce phénomène dans une de nos précédentes communications (1).

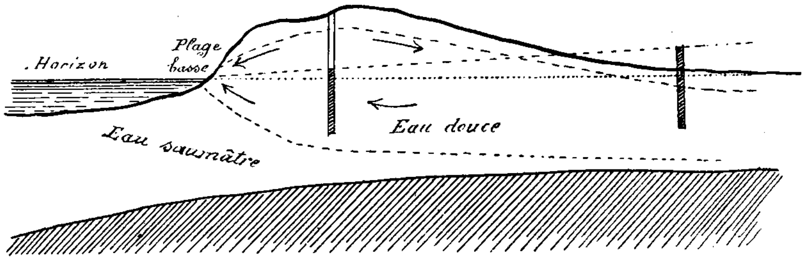


FIG. 4.

Nous reproduisons ci-dessus la figure 4 dudit mémoire, que nous avons publiée dans ce travail et que nous avons retrouvée exactement dans notre expérience.

(1) *Note complémentaire sur l'hydrologie du littoral belge* (ANNALES DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE, t. XXXI).

Il ressort de tout ce qui précède qu'il ne faut pas toujours se baser sur la position des crêtes de partage des eaux souterraines pour calculer l'étendue de leur bassin alimentaire.

Nous dirons, pour terminer, que cette communication est forcément incomplète à cause du petit nombre d'expériences que nous avons pu faire jusqu'à ce jour. Nous nous réservons d'étudier tous les cas qui peuvent se présenter dans la nature et nous espérons compléter ainsi les idées émises aujourd'hui. Nous chercherons à concilier les résultats d'expérience avec le calcul et nous essaierons d'en tirer des lois générales sur la circulation de l'eau dans les nappes aquifères.

A la suite de cette communication, M. le *baron Greindl* objecte que les expériences de M. d'Andrimont, étudiant la circulation de l'eau dans un minime cube de sable, négligent malheureusement et forcément la réduction de l'échelle des interstices entre les grains. Il semble difficile, dans ces conditions, d'en déduire des formules applicables aux phénomènes de la nature.

M. *d'Andrimont* reconnaît le bien fondé de cette objection; aussi estime-t-il que ses expériences ne donnent que de simples indications et qu'il sera nécessaire de les poursuivre sur une plus grande échelle, ce qu'il compte faire d'ailleurs.

M. le *Président* remercie vivement M. *d'Andrimont* de ses communications, dont l'intérêt a été démontré par l'attention des auditeurs et la discussion à laquelle elles ont donné lieu; ces travaux tendent sérieusement à faire fructifier la théorie par la pratique et à expliquer la pratique par la théorie. Aussi la Société suivra-t-elle avec la plus grande curiosité les expériences complémentaires, à plus grande échelle, que fera M. *d'Andrimont,* permettant d'accorder plus de portée encore à ses remarquables déductions.

La parole est donnée à M. *Rutot* pour sa communication sur la *glauconie de Lonzée.*

A. Rutot. — **Sur l'âge de la glauconie de Lonzée.**

J'ai déjà eu l'occasion d'entretenir la Société, à plusieurs reprises, de l'âge qu'il y a lieu d'assigner à la glauconie de Lonzée.

On sait que cette roche, composée presque entièrement de grains de glauconie, repose directement sur le terrain primaire et qu'elle est recouverte par les sables bruxelliens, ce qui, stratigraphiquement, ne permet aucune précision quant à la fixation de l'âge.

Heureusement, la glauconie de Lonzée est fossilifère et, notamment, elle renferme des Bélemnitelles.

Jusque dans ces derniers temps, ces Bélemnitelles avaient été déterminées comme *Belemnitella quadrata*, d'où, la glauconie aidant, on avait conclu à l'âge hervien de la roche.

Une étude de la faune recueillie à Lonzée m'a montré qu'au lieu d'une Bélemnitelle, il y en a trois, ou plutôt deux, dont l'une serait *Belemnitella westphalica* Schlüter et l'autre *Belemnitella vera*.

Dès lors, la glauconie de Lonzée ne pouvait plus être maintenue dans le Hervien.

Il y a lieu de remarquer que, d'après Schlüter, *B. westphalica* serait une espèce lisse et que, dans son gisement normal, les marnes de l'Emscher, en Westphalie, elle serait accompagnée d'une autre Bélemnitelle, à surface granulée, que Schlüter rapporte à *Belemnitella granulata*.

Or, en examinant avec attention une grande quantité de Bélemnitelles de Lonzée, j'ai parfaitement remarqué que, selon l'état de conservation, ces Céphalopodes sont soit lisses, soit granulés, la granulation se montrant toujours dans les meilleurs échantillons.

J'en ai donc conclu que la citation de *Belemnitella granulata* n'a aucune raison d'être et qu'il existe une Bélemnitelle qui présente tous les caractères décrits par Schlüter pour *B. westphalica* et dont la surface est normalement granulée.

Dans sa classification des couches du Crétacé de Westphalie, Schlüter considère les marnes de l'Emscher comme formant la transition entre le Turonien et le Sénonien.

Mais la glauconie de Lonzée renferme, en outre, un bon nombre de Lamellibranches et, notamment, des espèces de la famille des Pectinides et des *Ostrea*.

Ces dernières sont surtout abondantes et elles montrent un ensemble de formes arquées et plissées dont beaucoup sont exogyres.

Plusieurs de ces formes sont connues dans le Cénomanien et dans le Turonien, mais il en est qui passent dans le Sénonien; aussi, à un moment donné, devant me décider à classer la glauconie de Lonzée, j'ai cru bien faire en la plaçant tout au sommet du Turonien plutôt qu'à la base du Sénonien.

J'en faisais donc une couche comprise entre la craie de Maisières et la craie de Saint-Vaast, mais appartenant encore au Turonien.

Une étude nouvelle des matériaux paléontologiques recueillis et une discussion stratigraphique entreprise en commun avec notre confrère

lillois, M. Leriche, nous ont permis récemment d'arriver à une solution que je crois définitive.

M. Leriche, se livrant en ce moment à la détermination de la riche faune ichthyologique de la glauconie de Lonzée, est arrivé à montrer que cette faune est en tout semblable à celle de la craie inférieure de Lezennes, près de Lille, et il a émis l'idée que cette craie pourrait être l'exact équivalent de la glauconie de Lonzée.

Or, les géologues lillois sont unanimes à considérer la craie de Lezennes comme la base du Sénonien et non comme le sommet du Turonien.

En présence de ces résultats, nous avons examiné, de commun accord, la faunule recueillie dans la craie de Saint-Vaast, du Hainaut, considérée, en Belgique, comme la base du Sénonien, et nous y avons reconnu la présence, non seulement de la *Belemnitella vera*, — ce qui était déjà connu, mais d'un spécimen de *Belemnitella westphalica*.

D'autre part, M. Leriche a reconnu, parmi les Inocérames de la craie de Saint-Vaast, les formes qui caractérisent le niveau supérieur de la craie de Lezennes, et cet ensemble de faits nous a amené à considérer la glauconie de Lonzée comme l'équivalent de la partie inférieure de la craie de Lezennes, et la craie de Saint-Vaast comme l'équivalent de la partie supérieure de la même craie.

Il est, du reste, à remarquer que les choses ne se sont pas passées de même dans le bassin de Paris et dans le bassin belge.

Dans notre bassin étroit et peu profond, les oscillations du sol ont eu une influence beaucoup plus grande que dans le grand bassin de Paris.

Alors que dans ce dernier bassin la continuité des couches successives n'a pas été troublée, chez nous, les mouvements ascendants ont occasionné des émersions accompagnées de ravinements et de lacunes.

Autour de Lille, où l'on se trouve encore dans le bassin de Paris, la série des couches est complète et leur succession est la suivante, de haut en bas, d'après les documents qui m'ont été fournis par M. Leriche :

VI. Assise à *Belemnitella mucronata*.
V. Assise à *Belemnitella mucronata* et à *Belemnitella quadrata*.
IV. Assise à *Belemnitella quadrata*.
III. Assise à *Marsupites*.
II. Assise à *Micraster cor-anguinum*.
I. Assise à *Micraster decipiens* (anciennement *Micraster cor-testudinarium*).

Or, d'après les collections recueillies au Musée de la Faculté des Sciences, tant par M. J. Gosselet que par M. Leriche, il est établi qu'à Lezennes, près de Lille, on rencontre, immédiatement au-dessus de la craie à *Micraster breviporus,* — qui constitue le vrai sommet du Turonien, — une assise crayeuse qui a reçu le nom d'assise à *Micraster decipiens*, constituant la base du Sénonien et qui renferme, surtout dans sa partie inférieure, une faune ichthyologique identique à celle de Lonzée, plus *Belemnitella westphalica* et *Belemnitella vera.*

La partie supérieure de l'assise à *Micraster decipiens* renferme des Inocérames, parmi lesquels *Inoceramus involutus* est particulièrement abondant.

C'est précisément l'une des formes d'Inocérames bien caractérisées qui a été recueillie dans la craie de Saint-Vaast.

Dès lors il semble devenir évident :

1° Ou bien que la glauconie de Lonzée est l'équivalent exact de la partie inférieure de l'assise à *Micraster decipiens* et que la craie de Saint-Vaast correspond exactement à la partie supérieure de cette même assise, ou craie de Lezennes proprement dite;

2° Ou bien, comme est tenté de l'admettre M. Leriche, qu'à l'ensemble de ce que nous appelons craie de Saint-Vaast correspondent les deux niveaux de l'assise à *Micraster decipiens,* la glauconie de Lonzée n'étant qu'un facies littoral ou marginal de la craie de Saint-Vaast.

De ces deux hypothèses, très voisines, je ne sais laquelle est la vraie, mais la seconde est au moins vraisemblable, car notre craie de Saint-Vaast, assez épaisse, est si pauvre en fossiles qu'il est matériellement impossible de savoir actuellement si elle comprend deux niveaux paléontologiques superposés ou si elle constitue une simple masse homogène.

D'autre part, cette manière de voir concorderait avec de nouvelles observations de notre confrère et ami J. Cornet, qui, vers Strépy, montre que le lit de glauconie anciennement signalé entre la base de la craie de Saint-Vaast et le sommet de la craie de Maisières pourrait bien ne pas exister.

Dès lors, il y aurait continuité de dépôts et passage du Turonien au Sénonien sans ligne nette de démarcation, ce qui exclut l'idée de lacune.

En fait, le représentant amoindri de la glauconie de Lonzée anciennement signalé à la base de la craie de Saint-Vaast n'existant pas, on comprend que la glauconie de Lonzée, qui, en réalité, devait s'étendre

comme une bande continue au Nord et à l'Est de la craie de Saint-Vaast, en représente simplement le littoral.

C'est donc à l'hypothèse : craie de Saint-Vaast avec littoral formé par la glauconie de Lonzée, équivalente en bloc à l'assise à *Micraster decipiens* du Nord de la France, qu'avec M. Leriche je me rallie.

Les documents qui m'ont été fournis par notre savant confrère de Lille nous permettent de pousser plus loin nos assimilations des couches du Sénonien de Belgique avec celles du Nord de la France.

En effet, nous savons que, dans notre pays, la craie de Saint-Vaast est surmontée par la craie de Trivières, mais avec une séparation nette marquée par une ligne de ravinement avec gravier.

Théoriquement, cette ligne de ravinement est l'indice de l'existence d'une lacune stratigraphique, mais quelle est la véritable importance de cette lacune?

La Paléontologie va nous permettre de l'évaluer.

La craie de Trivières est heureusement plus fossilifère que la craie de Saint-Vaast, et elle nous montre très nettement la présence simultanée de deux Bélemnitelles : *B. mucronata* et *B. quadrata.*

C'est donc à l'assise à *Belemnitella mucronata* et à *Belemnitella quadrata* du Nord de la France que correspond notre assise de Herve, dont le facies spécial au Hainaut est la craie de Trivières, et nous constatons dès lors avec étonnement que la lacune, en apparence peu importante, indiquée par la ligne de ravinement, est en réalité considérable, car elle ne comprend pas moins de trois assises françaises : l'assise à *Micraster cor-anguinum*, l'assise à *Marsupites* et l'assise à *Belemnitella quadrata* seule.

Plus haut, malgré des lignes de ravinement avec gravier, d'apparences semblables à celle qui sépare les craies de Trivières et de Saint-Vaast, les lacunes semblent de beaucoup moins importantes, car nous n'avons aucune raison de supposer que l'assise supérieure à *Belemnitella mucronata* du Nord de la France représente autre chose que notre craie d'Obourg, la craie à *Magas pumilus* de Meudon étant aussi l'exact équivalent de notre craie de Nouvelles qui, avec celle d'Obourg, constitue notre assise de Nouvelles.

Plus haut encore, les assimilations ne sont plus possibles, car nous ne trouvons plus en France les représentants certains de notre assise de Spiennes; tandis que notre Maestrichtien paraît représenté par les couches à *Baculites* du Cotentin, celles-ci, toutefois, pouvant aussi renfermer des équivalents de notre craie de Spiennes et de son facies phosphaté, la craie de Ciply, qui contient, ainsi qu'on le sait, de nombreuses *Baculites.*

En résumé, les assises du Sénonien, dans le Nord de la France et dans le golfe de Mons ou le détroit du Hainaut-Limbourg, semblent bien concorder, ainsi que l'indique le tableau suivant :

NORD DE LA FRANCE.	BELGIQUE.	
	Étage sénonien.	
Lacune?	*Assise de Spiennes.*	
	Ligne de ravinement	
Assise à *Belemnitella mucronata.*	*Assise de Nouvelles*	Craie de Nouvelles. Craie d'Obourg.
	Ligne de ravinement.	
Assise à *B. mucronata* et à *B. quadrata.*	*Assise de Herve*	Craie de Trivières du Hainaut. Hervien du Limbourg.
Assise à *B. quadrata* Assise à *Marsupites* Assise à *Micraster cor-anguinum*	Ligne de ravinement.	
Assise à *Micraster decipiens*	*Assise d'Aix-la-Chapelle*	Craie de Saint-Vaast du Hainaut. Glauconie de Lonzée.
	Étage turonien.	
Craie à *Micraster breviporus*	Craie de Maisières, silex de Saint-Denis, fortes toises, etc.	

M. *Edm. Rahir,* aidé de plans et coupes, expose comme il suit les résultats de la découverte d'une nouvelle grotte à Dinant.

Edm. Rahir. — La grotte de Dinant.

La grotte de Dinant, découverte fortuitement à la fin de 1904, — une tranchée dans le roc ayant mis au jour une étroite fissure, — est située dans le vallon parcouru par la route de Dinant à Philippeville et se trouve à 1 kilomètre seulement de cette première ville. Son altitude est d'environ 50 mètres supérieure au niveau de la Meuse. Cette nouvelle et importante caverne, dont la longueur atteint 300 mètres, est creusée dans le Calcaire carbonifère. Elle est formée de trois étages, distants en moyenne d'une quinzaine de mètres l'un de l'autre et reliés ensemble par des abîmes. L'étage supérieur est peu important, l'étage moyen atteint jusque 15 et même 20 mètres d'élévation, et l'étage inférieur — que nous avons tenté d'explorer en descendant au fond d'un abîme terminé par un lac — est noyé par les eaux, ainsi que nous avons pu nous en convaincre *de visu.*

En amont du vallon où est creusée cette caverne, un ruisseau, qui

jadis coulait à l'air libre, a, depuis peu d'années, disparu complètement dans le sol. Très probablement ce serait ce même ruisseau qui se retrouve au fond de la grotte, et la résurgence se produirait par des sources visibles au bord de la Meuse.

En un point de la galerie moyenne, le sol est recouvert d'argile plastique presque pure. Là, les gouttes d'eau tombant de la voûte ont creusé cette argile d'un nombre assez notable de trous en forme d'entonnoir, ornés de rayures et d'arborescences diverses. Peu à peu, par l'évaporation des eaux, le calcaire se dépose et arrive ainsi à solidifier la masse primitivement molle de ces entonnoirs. Ce phénomène, dû ici uniquement à la pureté de l'argile, est, pensons-nous, signalé pour la première fois en Belgique. M. E.-A. Martel a constaté ce même fait dans une ou deux des nombreuses cavernes qu'il a explorées.

La grotte de Dinant sera bientôt aménagée en vue des visiteurs qu'elle ne pourra manquer d'attirer.

En ce qui concerne les entonnoirs d'argile dont a parlé M. Rahir, M. *Buttgenbach* demande si, ailleurs, ils se présentent plus souvent.

M. *Van den Broeck* pense qu'il s'agit là d'un phénomène assez rare, attendu que, pour le réaliser, il faut avoir affaire à de l'argile plastique et pure, jamais atteinte par les niveaux d'inondation et située sous des voûtes suintantes extrêmement élevées, permettant la forte pénétration des gouttes d'eau dans le plancher argileux. A Han, on a trouvé naguère de tels dispositifs, qui offraient ceci de particulier que l'accumulation des gouttes chargées de sels incrustants en forte solution avait fait se remplir de telles cavités coniques argileuses par des stalagmites columnaires, simplement posées en équilibre vertical dans les godets d'argile s'élevant comme des séries de chandelles à base libre, et faciles à dégager entièrement sans aucun effort. C'est un type de formation stalagmitique qui doit être fort rare partout et dû à la formation préalable des godets argileux dont vient de parler M. Rahir.

La séance est levée à 10 h. 30.

SÉANCE MENSUELLE DU 21 MARS 1905.

Présidence de M. **Ad. Kemna,** *président.*

La séance est ouverte à 8 h. 30. (43 membres présents.)

Correspondance :

Notre collègue M. *Francis Laur* fait espérer l'envoi, pour notre *Bulletin*, d'une note spéciale sur le gisement houiller de la Lorraine.

L'*Académie des Sciences de Paris* fait hommage à la Société d'un exemplaire de l'important et si intéressant ouvrage de M. *A. Lacroix* sur *La Montagne Pelée et ses éruptions*. (Remerciements.)

Dons et envois reçus : 1° Périodiques nouveaux :

4611. SIENA. *Rivista italiana di Scienze naturali.* XXIII, 1903; XXIV, 1904, 1-9.

4612. SIENA. *Bollettino del naturalista.* XXIII, 1903; XXIV, 1904, 1-9.

4613. JOHANNESBURG. *Geological Society of South Africa.* Proceedings, 1904.

2° Tirés à part des publications de la Société :

4614. ... *Assemblée générale annuelle de clôture de l'exercice 1904. Séance du 22 décembre 1904.* Procès-verbaux de 1904. 22 pages (2 exemplaires).

4615. ... *Bulletins bibliographiques des séances des 15 novembre et 20 décembre 1904.* Bulletin de 1904. 25 pages (2 exemplaires).

4616. ... *Compte rendu sommaire des excursions, dans les Luxembourgs belge et grand-ducal, de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie.* Bulletin de 1904. 6 pages (2 exemplaires).

4617. **Montessus de Ballore, F. (de).** *Géosynclinaux et régions à tremblements de terre. Esquisse de géographie sismico-géologique.* Bulletin de 1904. 26 pages (2 exemplaires).

4618. **Halet, F.** *Coupe du puits artésien de Laeken (Gros-Tilleul).* Procès-verbaux de 1904. 18 pages et 1 planche (2 exemplaires).

4619. **Moore, J. E. S.** *The Tanganyika Problem. An account of the Researches undertaken concerning the Existence of marine animals in Central Africa.* (Bulletin bibliographique par L. Z.) Procès-verbaux de 1904. 12 pages (2 exemplaires).

4620. **Rutot, A.** *Nouvelles trouvailles dans le Montien supérieur.* 1 page.

Le facies sparnacien du Landenien supérieur aux sablières de la Courte, à Leval-Trahegnies. 2 pages.

Nouvelles découvertes paléontologiques dans les carrières du Hainaut, à Soignies. 2 pages. Procès-verbaux de 1904. (2 exemplaires.)

4621. **Rutot, A.** *Sur la non-existence, comme terme autonome de la série quaternaire, du limon dit « des hauts plateaux ».* Procès-verbaux de 1904. 13 pages (2 exemplaires).

4622. **Schulz-Briesen.** *Les gisements de houille et de sels de potasse de la rive gauche du Rhin et les couches de Minette du forage de Bislich.* (Traduction française par C. Van de Wiele.) Traductions et reproductions de 1904. 15 pages et 1 planche (2 exemplaires).

4623. **Stainier, X.** *Assemblée générale annuelle de clôture de l'exercice 1904 de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie. Rapport annuel du Président.* Procès-verbaux de 1904. 9 pages (2 exemplaires).

3° De la part des auteurs :

4624. **Abel, O.** *Ueber einen Fund von « Sivatherium giganteum » bei Adrianopel.* Vienne, 1904. Extrait in-8° de 21 pages et 2 planches.

4625. **Abel, O.** *Wirbeltierfährten aus dem Flysch der Ostalpen.* Vienne, 1904. Extrait in-4° de 1 page.

4626. **Abel, O.** *Die geologische Beschaffenheit des Bodens von Wien.* Vienne, 1904. Extrait in-4° de 6 pages et 1 carte.

4627. **Arcidiacono, S.** *Principali fenomeni eruttivi avvenuti in Sicilia e nelle isole Adiacenti durante l'anno 1901.* Modène, 1904. Extrait in-8° de 9 pages.

4628. **Arcidiacono, S.** *Il terremoto di Niscemi del 13 luglio 1903.* Modène, 1904. Extrait in-8° de 9 pages.

4629. **Bertrand, J.** *Une nouvelle table d'orientation.* Bruxelles, 1905. Extrait in-8° de 11 pages.

4630. **Duparc, L.**, et **Pearce, F.** *Recherches géologiques et pétrographiques sur l'Oural du Nord.* (1er mémoire.) Genève, 1902. Extrait in-4° de 218 pages, 4 planches et 30 figures.

4631. **De Launay, L.** *La science géologique. Ses méthodes, ses résultats, ses problèmes, son histoire.* Paris, 1905. Volume in-8° de 750 pages, 3 planches et 53 figures.

4632. **Gilbert, G.-K.** *Plans for obtaining subterranean temperatures.* Washington, 1905. Extrait in-8° de 9 pages.

4633. **Gaudry, A.** *Paléontologie. Fossiles de Patagonie. Dentition de quelques Mammifères.* Paris, 1904. Extrait in-4° de 26 pages et 42 figures.

4634. **Gosselet, J.** *Mémoire sur les terrains primaires de la Belgique, aux environs d'Avesnes et du Boulonnais.* Paris, 1860. Volume in-8° de 164 pages et 4 planches.

4635. **Lacroix, A.** *La Montagne Pelée et ses éruptions.* Paris, 1904. Volume grand in-4° de 662 pages, 30 planches et 238 figures.

4636. **Martel, E.-A.** *Spéléologie.* Tours, 1905. Extrait in-16 de 16 pages.

4637. **Martel, E.-A.** *Sur le gouffre du Trou-de-Souci (Côte-d'Or).* Paris, 1904. Extrait in-4° de 2 pages.

4638. **Martel, E.-A.** *Sur la résurgence de Wells (Angleterre) et la chronométrie de l'érosion souterraine.* Paris, 1904. Extrait in-4° de 2 pages.

4639. **Martel, E.-A.** *L'enfouissement des eaux souterraines. Le reboisement obligatoire. L'exploration hydrologique souterraine des Pyrénées.* Toulouse, 1904. Extrait in-8° de 8 pages.

4640. **Martel, E.-A.** *La Spéléologie au Congrès des Sociétés savantes (1901-1904). Le gouffre-tunnel d'Oupliz-Tsiké et la caverne de Matsesta (Transcaucasie).* Paris, 1904. Extrait in-8° de 39 pages.

4641. **Martel, E.-A.** *Application de la photographie au magnésium à l'archéologie.* Rome, 1904. Extrait in-8° de 8 pages.

4642. **Martel, E.-A.** *Sur l'application de la thermométrie au captage des eaux d'alimentation.* Paris, 1905. Extrait in-4° de 3 pages.

4643. **Martel, E.-A.** *Padirac et les gorges du Tarn.* Rennes, 1905. Extrait in-4° de 16 pages et 25 figures.

4644. **Ricco, A.** *Sullo spettro dei materiali incandescenti, eruttati dall' Etna nel 1892.* Catane, 1904. Extrait in-8° de 4 pages.

4645. **Ricco, A.**, *Eruzioni e Pioggie.* Catane, 1904. Extrait in-4° de 13 pages.

4646. **Ricco, A.**, e **Mendola, L.** *Risultati delle osservazioni meteorologiche del 1903 fatte nel R. Osservatorio di Catania.* Catane, 1903. Extrait in-4° de 8 pages.

4647. **Rabot, Ch.** *Les marais du Bas-Poitou, d'après M. Étienne Clouzot.* Paris, 1904. Extrait in-8° de 9 pages.

4648. **Schafarzic, Fr.** *Carte générale des carrières des États de la Couronne hongroise.* Budapest, 1902. 2 feuilles.

4649. **Thoulet, J.** *Carte bathymétrique générale de l'Océan* (notice historique). Monaco, 1904. Extrait in-8° de 27 pages et 1 tableau d'assemblage.

4650. **Weinschenk, Er.** *Grundzüge der Gesteinskunde.* Freiburg, 1902-1905. Vol. in-8° de 496 pages, 3 planches et 180 figures.

4° De la part du « Ministry of Public Works » du Caire :

4651. ... *A List of Maps, Plans and Publications published by the Public Works Ministry up to 31st December 1904.* Le Caire, 1905. Brochure in-8° de 32 pages.

4652. **Andrews, C. W.**, and **Beadnell, H. J. L.** *A preliminary Note on some new Mammals from the Upper Eocene of Egypt.* Le Caire, 1902. Brochure in-8° de 9 pages et 4 figures.

4653. **Andrews, C. W.**, and **Beadnell, H. J. L.** *A preliminary Notice of a Land Tortoise from the Upper Eocene of the Fayum, Egypt.* Le Caire, 1903. Broch. in-8° de 11 pages.

4654. **Ball, John.** *Kharga Oasis : its Topography and Geology.* Le Caire, 1900. Volume in-8° de 116 pages et 19 planches.

4655. **Ball, John.** *On the topographical and geological results of a Reconnaissance-Survey of Jebel Garra and the Oasis of Kurkur.* Le Caire, 1902. Brochure in-8° de 40 pages et 7 planches.

4656. **Barois.** *Rapport sur les recherches du pétrole de la mer Rouge.* Le Caire, 1855. Brochure in-4° de 16 pages.

4657. **Barron, T.**, and **Hume, W. F.** *Topography and Geology of the Eastern Desert of Egypt, central Portion.* Le Caire, 1902. Volume in-8° de 331 pages et 11 planches.

4658. **Beadnell, H. J. L.** *Dakhla Oasis : its Topography and Geology.* Le Caire, 1901. Volume in-8° de 107 pages et 9 planches.

4659. **Beadnell, H. J. L.** *Farafra Oasis : its Topography and Geology.* Le Caire, 1901. Brochure in-8° de 39 pages et 8 planches.

4660. **Beadnell, H. J. L.** *The cretaceous Region of Abu Roash near the Pyramids of Giza.* Le Caire, 1902. Brochure in-8° de 48 pages, 13 planches et 1 carte.

4661. **Beadnell, H. J. L.** *A preliminary Note on « Arsinoitherium Zitteli » Beadn. from the Upper Eocene Strata of Egypt.* Le Caire, 1902. Brochure in-8° de 4 pages et 11 planches.

4662. **Hohler, T. B.** *Report of the Oasis of Siva.* Le Caire, 1900. Brochure in-8° de 50 pages.

4663. **Lucas, A.** *A preliminary Investigation of the Soil and Water of the Fayum Province.* Le Caire, 1902. Brochure in-8° de 17 pages.

4664. **Lucas, A.** *The Disintegration of Building Stones.* Le Caire, 1902. Brochure in-8° de 17 pages.

4665. **Lucas, A.** *A Report on the Soil and Water of the Wadi Tumilat Lands under Reclamation.* Le Caire, 1903. Brochure in-8° de 26 pages et 11 planches.

4666. **Mitchell, L. H.** *Report on their Geology and Petroleum.* Le Caire, 1887. Brochure in-8° de 58 pages, 1 carte et 27 planches.

4667. **Scott Moncrieff, C. C.** *Note on the Nile Flood of 1887.* Le Caire, 1888. Brochure in-8° de 36 pages.

4668. **Stewart, C. E.** *Report on the Petroleum Districts situated on the Red Sea Coast.* Le Caire, 1888. Brochure in-8° de 25 pages.

M. le *Secrétaire général* dépose ensuite sur le bureau le fascicule IV final du tome XVIII du *Bulletin*, année 1904, et annonce que l'apparition, qui eût pu être prochaine, du fascicule I-II du tome XIX, 1905, sera quelque peu retardée par la confection des nombreuses planches qui doivent accompagner cet important fascicule double.

Présentation et élection de nouveaux membres :

Sont présentés et élus par le vote unanime de l'Assemblée :

En qualité de membres effectifs :

MM. N. Diderrich, ingénieur civil des mines, 64, rue Royale, à Bruxelles.

Louis Zels, docteur en sciences géographiques, professeur à l'École moyenne de Menin.

En qualité de membre associé regnicole :

M. Ch. Graffe, 47, avenue Brugmann, à Bruxelles.

Communications :

La parole est donnée à M. *Edm. Rahir*, qui, aidé de nombreux plans, coupes, dessins et photographies, fait la description de la caverne du *Höll-Loch*, en Suisse, l'une des plus importantes de l'Europe. Il expose son régime hydrologique, décrit ses curieuses marmites et relate ses expériences et explorations.

Ce travail sera inséré dans les *Mémoires*. L'auteur en a rédigé le résumé suivant pour le procès-verbal :

Edm. Rahir. — Le Höll-Loch (Trou d'Enfer) à Muotathal (près du lac des Quatre-Cantons), en Suisse.

Le Höll-Loch, creusé dans le calcaire crétacé, est, au point de vue scientifique, l'une des grottes les plus intéressantes qui existent; de même, elle deviendra, au point de vue de la longueur de ses galeries,

la plus importante de l'Europe, lorsqu'on pourra en continuer l'exploration.

Actuellement, on y connaît plus de 9 kilomètres de galeries.

Elle est constituée de galeries supérieures, parcourues jadis par les eaux et qui sont reliées par des abîmes de 100 mètres (en moyenne) aux galeries inférieures, occupées maintenant par la rivière souterraine.

L'étude du plateau recouvrant, qui est fissuré, corrodé, percé de multiples trous, par lesquels la totalité des eaux s'engouffre facilement, nous explique pourquoi de violentes crues d'une *centaine de mètres* d'élévation sont à même de se produire à l'intérieur de la caverne, crues inondant alors complètement une bonne moitié des galeries supérieures.

La résurgence permanente de la rivière souterraine (Source-Rampante) a lieu dans la vallée de la Muota, et la résurgence primitive — en action de nos jours seulement en période de fortes crues — se produisait jadis dans une autre vallée, celle du Starzlen.

Nos expériences à la fluorescéine nous ont démontré que la résurgence permanente est formée de deux bras distincts l'un de l'autre mais fort rapprochés, et que la résurgence temporaire se produit par de multiples points étagés dans le ravin dit du Höllbach.

La caverne est creusée entre les joints des roches calcaires assez fortement plissées, disposition qui lui donne une allure très tourmentée, et conséquemment l'explorateur y rencontre de sérieux obstacles échelonnés sur son passage, dont le plus notable — la Böse Wand — est une muraille élevée de 50 mètres dont l'inclinaison varie entre 53° et 80°.

Deux salles sont spécialement à noter ici : l'une mesure 150 mètres de longueur, 55 mètres de largeur et n'a que 3 mètres de hauteur; l'autre est surtout caractérisée par son élévation, si grande qu'en un point donné on n'en connaît pas la voûte. Très probablement, cette salle doit constituer la partie basse d'un abîme communiquant avec le plateau, dont l'altitude est ici de 500 mètres supérieure au plancher de la caverne.

Le plus grand intérêt scientifique de cette grotte réside surtout dans le grand nombre de *marmites* creusées par les eaux tourbillonnantes dont son plancher — toujours rocheux — est parsemé. On peut y voir des cuves sphériques dont le creusement est achevé, d'autres avec saillies centrales montrant des types inachevés et, enfin, des cuves disposées en gradins, ou séries continues, ayant souvent des formes tubulées sur de fortes pentes, là où l'action tourbillonnante agit

surtout en profondeur. Les petits matériaux solides, formés de mêmes cailloux roulés, approchant parfois la ténuité d'un grain de sable, — véritables outils du creusement, comme le dit fort bien M. J. Brunhes, — sont en place. On peut dire qu'on se trouve là dans un laboratoire parfait, où le rôle de l'action tourbillonnante des eaux dans le creusement des cavernes est merveilleusement visible. C'est cette même action tourbillonnante qui a été si bien mise en lumière par M. J. Brunhes dans ses études des marmites de la vallée du Nil et des vallons suisses.

M. *Van den Broeck*, notamment en ce qui concerne les corrélations qu'il admet, avec M. Brunhes, entre le dispositif des « marmites », si accentué au Höll-Loch, et les phénomènes de creusement des vallées à torrents, serait désireux de revenir sur le sujet traité par M. Rahir; mais, eu égard à l'heure avancée et à ce qui reste à traiter de l'ordre du jour, il propose de remettre la discussion à une séance ultérieure.

DELADRIER. — Contribution à l'étude de la tectonique de la Belgique.

M. *Deladrier*, après avoir rappelé dans ses grandes lignes la thèse des champs des fractures terrestres, selon un système réticulaire constant, — thèse défendue par M. le Prof^r Prinz et par lui-même, — donne lecture d'un document sur la géologie minière de toute une partie de la Norwège, à l'appui de ces idées.

Il s'agit d'un rapport (1) sur des mines à exploiter près du fjord de Dramen, dont l'auteur est l'ingénieur en chef Rigaud, directeur de l'École des Mines d'Alais, et dont il ressort à toute évidence que toute la région « est découpée en damier absolument prépondérant ».

Les fissures du terrain et les filons accusent des mouvements tectoniques de direction N. 10° E. et d'une autre direction assez exactement perpendiculaire à la première, et cela pour toute la contrée. Ici donc l'inclinaison générale du réseau rapproche les angles de l'angle droit, peut-être parce qu'on est au voisinage du pôle, où la torsion est évidemment amoindrie et où dominent les terrains les plus anciens de la croûte du globe.

Pour cette partie de la Norwège, il apparaît en outre qu'il y a coïncidence entre les directions des cours d'eau et des fractures du sol.

(1) Document très aimablement communiqué par le lieutenant Francq.

C'est ce qui ressort également de l'inspection des cartes des « Consolidated et United Mines » des Cornouailles. Les « filons croiseurs » y recoupent le terrain en réseau évident.

Les cartes de Joachimsthal parlent dans le même sens, et à propos de la fissuration réticulaire en profondeur qui apparaît aux joints des schistes et des quartzites du Brabant, telles aussi les diaclases de la porphyrite de Quenast et l'allure des rochers de la région Han-Jemelle, on peut citer encore l'exemple frappant des roches filoniennes de Tenès, sur les bords de l'Oued Allelah, en Algérie, où se lit, comme en un tableau, la formation parallélipipédique.

Plus importante est la carte générale des filons du district de Freiberg, où les neuf cents filons répandus dans un espace de 125 kilomètres carrés donnent bien l'impression d'un carrelage. Le point intéressant est que, seuls, les filons de directions à peu près Nord-Sud et Est-Ouest sont importants et riches, et les fractures gauchies dans le damier ne représentent que des filons pauvres ou de peu d'importance. La composition chimique et le pourcentage y sont des indications primordiales et en relation directe avec la direction et l'âge des filons.

Sans doute, des jeux postérieurs et des effets locaux sont venus briser à nouveau la contrée, mais le fait de la chimie venant apporter un argument de cette importance à la théorie des brisures parallélipipédiques, méritait d'être signalé.

Revenant à la région faillée de Philippeville, M. Deladrier rappelle qu'il manque sur la carte de toute la Belgique une infinité de fractures non encore signalées, soit que les cassures du terrain ne se soient pas ouvertes, soit qu'elles se soient fermées sous l'influence de poussées postérieures, soit enfin que le jeu des affaissements locaux en ait caché l'existence.

Mais elles sont là, indéniablement, et les recherches subséquentes donneront raison à cette théorie.

Qu'il me soit permis, dit en finissant M. Deladrier, de redire un mot sur le sujet si passionnant des relations entre le magnétisme et la géologie. Nous avions insisté, l'an dernier, sur les anomalies magnétiques en concordance avec les dislocations de l'écorce terrestre. Nous citions les recherches de Locke, de Naumann, de Moureaux et de Niesten. Nous disions : « Comme le faisait remarquer M. Prinz dans ses considérations à propos de la carte magnétique, malgré le petit nombre de données qu'on possède, les inflexions des lignes isogonales se marquent dans le voisinage de la Meuse, où commence la partie accidentée et ancienne du pays et où les dislocations se multiplient. »

Et voici ce que M. Dehalu vient de lire à Liége, à propos des travaux de la carte magnétique des bassins miniers de Liége et du Hainaut : « Le bassin du Hainaut renferme de légères irrégularités magnétiques, mais le bassin liégeois est plus troublé. Ainsi, tandis que la différence de déclinaison entre Namur, qui se trouve au centre de la région parcourue, et Quiévrain n'est que de dix minutes, elle en atteint déjà trente entre Namur et Liége.

» Une anomalie singulière se présente entre les deux rives de la Meuse, de part et d'autre de la faille eifelienne. Une autre anomalie affecte, comme nous l'avions déjà reconnu, les environs de Herve : elle se poursuit dans la région Verviers-Spa. Enfin, les isogones affectent dans le bassin de Liége une allure très caractéristique. »

C'est, je crois, la confirmation très nette de la thèse des relations entre ces anomalies et la tectonique, dont nous avions exposé les principes l'an dernier.

On peut vraiment suivre les indications de M. Dehalu sur notre modeste petite carte tectonique et l'on y verra le bassin du Hainaut, peu fracturé relativement à celui de Liége, nous offrir, corrélativement, peu d'irrégularités magnétiques, tandis que l'inverse se lira aisément dans le bassin liégeois.

Et à l'inspection de notre carte, on peut d'ores et déjà prédire qu'on trouvera fort probablement des anomalies marquées aux environs de Lessines; sur la rive droite de la Sambre, et au Nord-Est de Namur; sur les deux rives de la Meuse, spécialement avant Huy, et prononcées depuis Clermont jusqu'à Cheratte; dans la région faillée de Chaudfontaine-Magnée-Cornesse; au Sud de Pepinster et à la Gileppe; plus bas, dans le triangle Xhoris-Ferrières-Chevron et vers Stavelot; enfin, dans les environs de Salm-Château, de Laroche et d'Arlon.

Les lignes isogonales tracées correspondront donc à l'importance et à l'allure des dislocations de la croûte terrestre. C'est d'ailleurs dans les mêmes régions qu'il conviendrait de faire et de poursuivre les recherches sismiques qui conduiraient à d'intéressants rapprochements.

Il est inutile de revenir sur l'importance énorme, tant scientifique qu'industrielle, qu'il y aura à faire coïncider les cartes tectonique et magnétique.

La boussole, si utile déjà, pourra encore nous dévoiler, outre la nature du sol, les solutions de continuité et les défauts de la cuirasse de la Terre. L'étude de ces irrégularités ou plutôt de la régularité des déviations observées, qui s'accommodent fort bien avec la présence

des cassures troublant les éléments magnétiques, est primordiale : elle doit être combinée, répétons-le encore, avec l'étude approfondie du « clivage » du globe terrestre.

Ce clivage apparaîtra certainement un jour plus clairement, mais il faudra de bien longues recherches; car il ne faut pas oublier, avec Suess, « que des massifs puissants se sont enfoncés de plusieurs centaines de mètres et qu'il ne reste plus à la surface le moindre ressaut pour indiquer le fait; seule, la différence de nature des roches, ou encore, dans les mines profondes, les hasards de l'exploitation viennent trahir l'existence de la fracture.

» Le temps a tout nivelé. En Bohême, au Palatinat, en Belgique, en Pensylvanie. en beaucoup d'autres lieux encore, la charrue creuse tranquillement son sillon sur l'emplacement des plus formidables cassures. »

Le *baron Greindl* tient à fournir à l'auteur deux exemples de vallées où la rivière a visiblement été guidée par des failles et en a profité pour le creusement de sa vallée. Le premier est celui de la Sure, dont un coude brusque, aux environs de Rosport, se superpose à une faille d'effondrement mettant en contact le Trias et le Muschelkalk; les membres de la Société ont pu voir, au cours de l'excursion de septembre dernier, les bouillonnements d'acide carbonique dans le lit même de la rivière.

L'autre est celui de la Salm, entre Salm-Château et la station de Vielsalm, où une véritable gorge accuse stratigraphiquement une faille, en même temps que le caractère abrupt des parois semble indiquer que la rivière s'est enfoncée plus vite que ne se façonnaient ses versants.

Ces deux exceptions de rivières suivant des failles sur de courtes distances n'infirment pas son opinion qu'en général le tracé des rivières obéit à la pente seule et non au clivage du sol.

M. *F. Sacco* fait déposer pour les *Mémoires*, et l'Assemblée en vote l'impression, un travail sur *Les formations ophitifères du Crétacé* qui peut se résumer comme suit :

Malgré les arguments apportés par l'auteur en 1891 (*Bulletin* de notre Société) en faveur de l'âge crétacé, et non éocène, des formations ophitifères de l'Apennin, la plupart des géologues italiens s'obstinent encore dans l'erreur jadis universelle.

Il est donc utile de produire une nouvelle moisson de faits; elle est abondante. L'auteur cite particulièrement les restes d'un grand nombre de Cycadées, qui ont pu être parfaitement déterminés, de Radiolaires

dont certaines semblent appartenir au Jurassique supérieur; il double le nombre d'espèces reconnues d'*Inoceramus* et fournit une nouvelle liste d'Ammonites, qui ont pu être spécifiées; il nous renseigne enfin sur une collection de Poissons des argiles écailleuses de l'Apennin septentrional, que le professeur Bassano a déterminés comme appartenant au Crétacé supérieur. Découverte de la plus haute importance, dans les mêmes terrains on a fini par trouver *Ichtyosaurus campylodon*, ce qui confirme la détermination géniale de Cortesi qui, en 1809, en présence de certaines dents, les rapportait comme pouvant appartenir au grand animal de la faune de Maestricht.

La description géologique du monde, qui a marché à grands pas depuis 1891, montre le bien-fondé de la thèse de M. Sacco. Partout dans les chaînes orogéniques récentes, aux endroits où les formations ophitifères se montrent, elles sont intercalées dans les roches crétacées, mais parfois on trouve simultanément des séries intercalées dans les roches paléozoïques. Il y a là comme une récurrence de ce phénomène mystérieux aux mêmes endroits, qui aidera peut-être à l'expliquer, mais qui, jusque maintenant, n'a contribué qu'à rendre sa chronologie incertaine, vu sa pauvreté en fossiles.

Sur la proposition de M. le *Secrétaire général*, vu l'heure avancée et les communications annoncées restant à faire, il est décidé qu'une séance supplémentaire aura lieu le 4 avril.

M. Mourlon. — **L'extension probable du facies marin du Tongrien supérieur aux environs de Bruxelles (Tervueren).**

Avant de lever la séance, M. le *Président* donne la parole à M. *Mourlon*, qui entretient l'Assemblée des découvertes géologiques qu'il vient de faire et qui se rapportent aux résultats de l'excursion que fit la Société, en juin 1904, aux environs de Bruxelles, à Ketelberg, Etterbeek, Watermael, Boitsfort, Stockel et Tervueren.

Il rappelle notamment qu'il existe dans un chemin creux des plus pittoresques entre Stockel et les Quatre-Bras (Tervueren) un dépôt de sable avec bancs de grès ferrugineux en forme de tuiles et de gros tuyaux présentant l'aspect le plus bizarre.

Ce dépôt est rapporté sur la Carte géologique à l'échelle du 40000e, au sable d'émersion du Tongrien inférieur (*Tg1d*), et comme il est renseigné jusqu'au haut de la colline qui atteint la cote 122, c'était,

comme l'a fait remarquer le baron O. van Ertborn, lui attribuer une bien grande épaisseur.

L'étude stratigraphique détaillée de la région, à l'aide d'un certain nombre de sondages pratiqués sur les points les plus élevés, a permis à M. Mourlon de trouver le mot de l'énigme.

Ces sondages ont montré, en effet, qu'entre le dépôt de sables avec grès ferrugineux du chemin creux vers Stockel et celui du sommet de la colline, il existe un important niveau de cailloux roulés séparant le dépôt inférieur — qui représente bien le Tongrien inférieur (*Tg1d*) — du dépôt supérieur, formé de sable avec débris de grès ferrugineux présentant plus fréquemment encore que celui du chemin creux, la teinte rouge sanguin et dont l'âge géologique était à déterminer. A quel terme du groupe tertiaire faut-il rapporter le dépôt sableux supérieur au niveau de cailloux? Il ne semble pas que ce soit au Pliocène diestien, comme en a émis l'idée notre collègue van Ertborn, qui y rangeait également les sables avec grès ferrugineux en forme de tuiles du chemin creux. Mais si l'on se rappelle qu'un niveau de cailloux reposant sur le Tongrien inférieur a été signalé vers 1882, par M. Velge, aux environs de Louvain, dans des conditions de gisement qui paraissent identiques, on sera tout naturellement amené à considérer le sable qui, au point culminant, à la limite des planchettes de Tervueren et de Saventhem, surmonte le niveau de cailloux en question, comme étant le prolongement des couches des environs de Louvain, que M. Van den Broeck, qui y a découvert une faune marine, considère comme représentant le facies marin du Tongrien supérieur du Brabant (*Tg2b*).

La séance est levée à 10 heures 30.

SÉANCE COMPLÉMENTAIRE DU 4 AVRIL 1905.

Présidence de M. **Ad. Kemna**, *président.*

La séance est ouverte à 8 h. 35 (27 membres sont présents).

Correspondance :

— L'Observatoire du Collège romain fait part du décès de M. le professeur-ingénieur *Pietro Tacchini*, ancien directeur de l'Observatoire, membre associé étranger de la Société.

— M. *Cavallier*, membre effectif, directeur de la Société anonyme des Hauts Fourneaux et Fonderies de Pont-à-Mousson (Meurthe-et-Moselle), envoie des journaux donnant des renseignements sur la découverte de la houille en Lorraine et promet une communication, soit de lui-même, soit de M. Villain, traitant du côté scientifique de la question.

— L'éditeur A. Collin (Paris) offre d'envoyer, pour compte rendu, un exemplaire de l'ouvrage : *La Picardie et les régions voisines*, par Albert Demangeon.

— Le Comité d'organisation du Congrès international des Mines, de la Métallurgie et de la Géologie appliquée, qui se tiendra à Liége en 1905, met à la disposition de la Société, en témoignage de reconnaissance du concours prêté, une carte d'adhérent. — Les candidats sont priés de s'adresser sans retard au Secrétaire général.

— L'Académie royale de Belgique, Classe des Sciences, envoie le programme des concours pour 1905 et 1906. — Pour 1905, mémoires à parvenir avant le 1er août. Nous en extrayons les questions suivantes :

1° *Décrire les silicates de notre pays, y compris ceux qui entrent dans la composition des roches.* — Prix : 800 francs;

2° *On demande de nouvelles recherches sur les divers étages compris entre le Bruxellien et le Tongrien dans le Brabant.* — Prix : 1,000 francs;

3° *Déterminer l'âge géologique des dépôts formés de sables, d'argile plastique et de cailloux de quartz blanc, assimilés dans la légende de la Carte géologique à l'échelle du 40 000e à l'Oligocène et désignés par les notations* Om *et* On. — Prix : 1,000 francs.

Pour 1906 :

4° *On demande la revision de la série revinienne du massif cambrien de Stavelot en Belgique, au point de vue de sa division en trois étages, esquissée par Dumont.* — Le mémoire devra être accompagné d'une carte au $^1/_{40\,000}$, indiquant les limites des étages; mais, comme les ressources de

l'Académie n'en permettent pas la publication éventuelle, ces limites devront être indiquées dans le texte avec les indications nécessaires pour que le lecteur puisse les tracer sur la carte géologique actuelle. — Prix : 1,000 francs;

4° *On demande des recherches sur la tectonique du Brabant et des régions limitrophes.* — Prix : 1,000 francs.

Publications :

M. le *Président.* — Le dernier fascicule du tome XVIII pour 1904 a été distribué. La régularité et la rapidité des publications sont un élément important de succès. Les retards d'il y a quelques années nous ont fait perdre plusieurs subsides, le Gouvernement invoquant la clôture définitive des exercices budgétaires, tout en acceptant les exemplaires des volumes arriérés. Le résultat obtenu par le Secrétaire général est d'autant plus méritoire que son travail est souvent entravé par la nonchalance des membres. On fait attendre les manuscrits; les membres qui ont pris part à une discussion n'envoient rien, mais apportent aux épreuves des modifications qui forcent parfois à recomposer le texte et causent ainsi, outre des retards, des frais. Dans l'intérêt de tous, il importe de prendre des mesures. Les membres qui ont participé à une discussion auront la faculté d'envoyer, à titre de renseignement à utiliser par le Secrétaire général, un résumé de leurs observations, dans les quatre jours; les remaniements sur épreuves ne pourront plus être acceptés. Le Président renouvelle ses remerciements au Secrétaire général. (*Adhésion.*) Aucune observation n'étant faite sur les procès-verbaux parus, ceux-ci sont adoptés.

Communications :

A. Deblon. — Résumé d'une étude de M. Gosselet sur les nappes aquifères de la craie au Sud de Lille (1).

Notre éminent confrère M. Gosselet, ancien président de notre Société, a publié, en 1904, dans les *Annales de la Société géologique du Nord*, un mémoire sur les nappes aquifères de la craie au Sud de Lille et à l'Ouest de Douai. C'est ce mémoire que nous croyons utile de

---

(1) J. Gosselet, *Les nappes aquifères de la craie au Sud de Lille.* (Annales de la Société géologique du Nord, t. XXXIII, p. 133, séance du 1er juin 1904.)

résumer, aussi bien à cause de sa valeur intrinsèque que par suite de l'intérêt considérable qu'il présente pour les hydrologues d'un pays comme la Belgique, où le terrain crétacé, relativement développé, a déjà été mis à contribution et le sera sans doute encore pour la fourniture de l'eau potable à maintes agglomérations.

En l'absence d'expériences organisées d'une manière scientifique pour juger de la richesse en eau des diverses couches de la craie, M. Gosselet s'est basé sur les venues d'eau constatées lors du creusement des fosses des concessions de Lens et de Courrières.

Théoriquement, la craie du Nord de la France est une épaisse couche aquifère dont le soubassement, à peu près imperméable, est constitué par les marnes connues sous le nom de « bleus des mineurs »; ces marnes reposent elles-mêmes sur les dièves, qui s'opposent d'une manière absolue à la descente des eaux. Entre Lille et Lens, la craie, qui a 50 mètres d'épaisseur, représenterait une énorme couche aquifère si elle était perméable à la façon des sables. Mais cela n'est pas; la craie, peu poreuse, ne contient que peu d'eau et ne la laisse circuler que lentement.

Pratiquement, la craie pourrait être considérée comme imperméable si divers accidents n'y déterminaient une circulation facile de l'eau. Ces accidents sont les *fissures*, les *bancs durs* et les *couches fragmentaires*.

1. — Fissures.

Les fissures sont constituées par les joints de stratification et par les diaclases, ou failles. Certaines fissures n'ont que 1 ou 2 millimètres; d'autres sont plus larges et peuvent livrer passage à des venues d'eau importantes.

La position des fissures ne paraît obéir à aucune loi géologique, bien qu'elles soient souvent parallèles entre elles. Quand on a déterminé la position d'une fissure dans un puits, on peut espérer en rencontrer d'autres en creusant une galerie horizontale perpendiculaire au plan de la première.

2. — Bancs durs.

Certains bancs de la craie acquièrent, sous des influences encore inconnues, une grande dureté et deviennent imperméables.

Au-dessus des bancs durs, il y a souvent beaucoup d'eau; en dessous, beaucoup moins, sauf quand ils agissent comme couvertures imperméables pour emprisonner l'eau sous-jacente qui, après le percement du banc, arrive en abondance et peut même monter dans le forage.

Le plus important des bancs durs est celui connu sous le nom de *tun* ou *meule*. Il existe parfois en profondeur plusieurs bancs durs séparés par de la craie perméable.

Chaque banc dur provoque la formation d'une nappe locale.

3. — Craie fragmentaire.

La craie fragmentaire est de la craie formée de fragments irréguliers juxtaposés. C'est une roche meuble comparable à un conglomérat; elle peut renfermer une grande quantité d'eau entre ses fragments. D'après M. Gosselet, les nappes aquifères de la craie fragmentaire sont les plus importantes et les seules qui méritent d'être considérées, quand on s'occupe de l'alimentation des villes.

La craie fragmentaire comprend la craie fendillée et la craie congloméroïde.

a) *Craie fendillée.*

La craie fendillée s'est formée à la surface de la craie partout où cette roche a été exposée au contact de l'atmosphère, soit pendant la période d'émersion antétertiaire, soit pendant la deuxième partie de l'époque tertiaire, soit à l'époque pléistocène, et elle se produit encore maintenant. Sous l'influence des pluies, de la sécheresse, de la gelée, de la chaleur, la craie se brise en petits fragments, que le vent et l'eau remanient à la surface.

La craie fendillée n'existe pas partout, soit que sa structure plus compacte lui ait permis de mieux résister aux influences météorologiques, soit qu'elle ait été enlevée par le ruissellement pluvial au fur et à mesure de sa formation.

Elle est rare sur les plateaux, tandis qu'elle est souvent épaisse dans les vallées, où elle se confond avec la craie congloméroïde.

C'est, en somme, une couche géologique qui n'est ni stratifiée, ni régulière, ni générale; partout où elle existe sur une certaine étendue, elle fournit une nappe d'eau abondante, qu'on utilise dans le Nord de la France pour les habitations, pour l'industrie et pour les villes. Roubaix et Tourcoing s'alimentent d'eau contenue dans la craie fendillée.

Dans la vallée de la Scarpe, la craie fendillée contient une couche d'eau très abondante. C'est ainsi qu'à la fosse n° 4 à l'Escarpelle, on a pompé jusque 3,460 mètres cubes d'eau par heure.

b) *Craie congloméroïde.*

M. Gosselet désigne sous ce nom une roche formée de fragments de craie irréguliers et de toutes grosseurs, empilés sans ordre et empâtés

dans la craie pulvérulente. On serait tenté de la considérer comme un conglomérat de craie remaniée, si elle n'était intercalée entre des couches régulièrement stratifiées. De plus, les fragments de craie et les silex ne portent aucune trace de transport, ils ne sont pas mélangés de sables ni de galets tertiaires, même lorsqu'ils sont recouverts par ce terrain.

Ne pouvant expliquer la structure de la craie congloméroïde par un remaniement superficiel, M. Gosselet suppose qu'elle est le résultat d'une nappe aquifère en mouvement. Certaines parties de la craie ayant été dissoutes, d'autres, plus résistantes, auraient glissé les unes sur les autres, auraient été redressées ou mélangées au point qu'on rencontre des silex placés droits suivant leur grand axe.

La craie fendillée et la craie congloméroïde, qui se ressemblent beaucoup, diffèrent par leur origine; la première est due à des phénomènes météorologiques superficiels, tandis que la seconde doit être attribuée à une dissolution faite en profondeur.

M. Gosselet cite plusieurs puits où l'on a rencontré, à des profondeurs diverses : 19, 22 et 29 mètres, des couches de craie congloméroïde, qui ont donné lieu à des venues d'eau réellement extraordinaires.

* * *

Au point de vue hydrologique, on doit conclure de ce qui précède, qu'il y a intérêt, pour chercher de l'eau, à connaître la position des fissures, des bancs durs, de la craie fendillée et de la craie congloméroïde.

Or, les fissures sont tout à fait accidentelles; rien ne peut faire soupçonner leur présence. Il en est de même pour les bancs durs, sauf pour la meule ou tun, dont la position est déterminée. Quant à la craie fendillée, elle peut se trouver partout, mais elle n'est riche que dans les vallées.

La craie congloméroïde n'existe pas sous les plateaux et les plaines. On la trouve exclusivement dans les vallées et les vallons; mais il n'y en a pas dans toutes les vallées et dans tous les vallons.

Au point de vue pratique, on peut conclure de cette étude :

1° Que sous les plaines de la craie du Nord on ne trouve que peu d'eau, à moins qu'on n'ait l'heureuse chance de rencontrer une fissure;

2° Que les nappes aquifères importantes de la craie sont situées sur les bords des vallées et dans les vallons.

M. Gosselet termine son étude en faisant observer que ses conclusions ne sont pas très consolantes pour le géologue. Aux questions

souvent posées par les industriels de la région crayeuse : Trouverai-je de l'eau? A quelle profondeur la rencontrerai-je? il n'est, dit M. Gosselet, possible de répondre que par un pénible aveu d'ignorance.

En achevant ce résumé, j'exprime le vœu qu'une étude analogue à celle de M. Gosselet soit faite par nos géologues pour ce qui concerne le terrain crétacé de Belgique. Les nombreux puits de charbonnages qui traversent la craie n'ont-ils pas permis de faire des constatations précises au sujet de la structure de ce terrain et des couches aquifères qu'il peut contenir? N'y rencontre-t-on pas, notamment, de la craie congloméroïde?

Selon une opinion que je crois assez répandue en Belgique, si l'on projette un puits dans la craie, en vue d'y trouver de l'eau, on fixe à quelques mètres seulement sa pénétration dans le massif crétacé, parce qu'on est convaincu que la craie n'est fendillée que sur une faible épaisseur et qu'à mesure qu'on descendrait, on rencontrerait une roche de plus en plus compacte.

Les galeries de la distribution d'eau de Liége furent, je pense, établies dans ces conditions; et le puits régulateur de Xhendremael, qui a percé tout le massif crétacé de la Hesbaye jusqu'à l'argile hervienne constituant le soubassement imperméable de ce terrain, a dû permettre de faire des constatations intéressantes sur la structure de la roche en profondeur; en tous cas, il y a été reconnu que la craie devenait de plus en plus compacte à mesure qu'on se rapprochait de l'argile hervienne. Quant aux galeries aboutissant au puits régulateur et percées à quelques mètres en contre-haut de cette argile, elles ont été établies dans une craie tellement compacte, qu'on a pu se passer de revêtement maçonné; l'eau qui arrive dans ces galeries provient, je pense, de fissures, et non de couches congloméroïdes.

Quoi qu'il en soit, je ne crois pas que nos géologues puissent, à l'heure actuelle, répondre autrement que M. Gosselet aux questions suivantes : Trouvera-t-on de l'eau dans la craie? A quelle profondeur la rencontrera-t-on?

S'ensuit-il qu'on doive désespérer de voir un jour le problème résolu?

Les progrès que fait continuellement la science, les recherches de nos géologues, la coordination de toutes les constatations permettront, j'en suis convaincu, de déterminer scientifiquement la situation et l'importance des trésors hydrologiques enfouis dans les profondeurs de notre terrain crétacé.

Bon O. van Ertborn. — Hydrologie de la craie en Belgique.

M. *van Ertborn* a envoyé par lettre la réponse ci-dessous à la question posée par M. Deblon.

Notre confrère M. Deblon nous pose les questions suivantes :

Trouvera-t-on de l'eau dans la craie? A quelle profondeur la trouvera-t-on?

Je suis d'avis que l'on ne peut répondre autrement que M. Gosselet à ces deux questions. En effet, les fissures étant tout à fait accidentelles, on ne peut les prévoir.

Faisons une enquête générale sur les faits constatés jusqu'à ce jour dans la partie septentrionale du pays.

En Flandre, les forages d'Ostende-Ville, de Beernem, de Gand-Ville, de Termonde n'ont rencontré aucune fissure aquifère dans la craie; celui en cours d'exécution à Hamme a pénétré à une cinquantaine de mètres dans le Crétacique sans aboutir à un meilleur résultat. Le Sénonien est donc compact en Flandre. A Renaix, nous avons trouvé de l'eau dans le Turonien.

En Brabant, dans la vallée de la Senne, quelques puits artésiens ont leur source dans les fissures de la craie sénonienne et se trouvent de préférence groupés le long d'une ligne partant de Cureghem, longeant la rue des Goujons, la chaussée de Mons, puis, suivant le canal de Charleroi, jusqu'à sa jonction avec celui de Willebroeck et celui-ci jusqu'à Vilvorde.

En cette dernière ville, deux forages ont rencontré des fissures aquifères dans la craie sénonienne : celui de la brasserie Denayer et celui de M. Nowé, alimentant actuellement la distribution publique.

Notre confrère M. Halet nous a entretenus, à l'une des dernières séances, de l'insuccès de deux sondages exécutés à proximité du palais de Laeken.

A Louvain, les chances de réussite sont plus grandes, surtout dans le Maestrichtien, qui ne se trouve pas en sous-sol à l'Ouest de cette ville. Nous y avons rencontré plusieurs fissures aquifères abondantes.

A Léau, des sources, très abondantes aussi, ont été atteintes par les forages dans la craie sénonienne, ainsi qu'à Gingelom, à Rosoux et dans de nombreuses localités de la Hesbaye.

Il nous est impossible, comme conclusion, de répondre aux questions posées par M. Deblon; un seul fait nous paraît certain, c'est que, dans la vallée de la Senne, la craie est plus fissurée le long de la ligne que nous avons indiquée que partout ailleurs, et surtout sous

les plateaux des deux rives, où les fissures sont certainement très rares.

E. Van den Broeck. — **Notions acquises sur l'hydrologie de la craie en Belgique.**

M. *Van den Broeck* désire également répondre aux questions posées par M. Deblon au sujet des ressources aquifères de la craie en Belgique : « Trouvera-t-on de l'eau dans la craie? » — « A quelle profondeur la rencontrera-t-on? »

La communication du baron van Ertborn tendrait à faire croire que, sauf en ce qui concerne une zone localisée dans la vallée de la Senne, les géologues belges doivent, à l'exemple de M. le professeur Gosselet pour le Nord de la France, faire un pénible aveu d'ignorance. C'est là une profonde erreur : nous sommes suffisamment à même de répondre à ces questions en Belgique; il suffit de réunir quelques publications parues dans notre *Bulletin* sur cet objet, pour s'en convaincre.

Au sujet de l'hydrologie de la craie, l'orateur disait, en 1897 (1), qu'il faut, *avant tout*, tenir compte de la diversité des conditions géologiques de la craie; c'est ainsi que dans le centre du bassin de Paris, la craie constitue un réservoir unique, alors que dans le Nord de la France, il y a localisation des nappes; il en est de même en Belgique.

Il rappelle aussi le rapport de M. Rutot sur le projet de M. le professeur Lambert pour l'alimentation de la ville d'Anvers en eau potable (2), où est signalée l'extrême différence dans l'état de la craie, d'une part, dans le bassin de Mons, de l'autre sous Anvers.

Enfin, sans s'étendre sur la bibliographie, qui comprend une nombreuse série de travaux, M. Van den Broeck mentionne encore sa note sur l'hydrologie du bassin du Geer (3).

D'une manière générale, on peut donc dire, au sujet des ressources en eau de la craie en Belgique, que, sous la plaine des Flandres et de la province d'Anvers, la craie est très compacte, homogène, peu fissurée; elle est donc non aquifère, à part peut-être dans d'exceptionnelles fis-

---

(1) *Dossier hydrologique du régime aquifère des calcaires.* (Bull. Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol., 1897, t. XI, *Mém.*, pp. 432-433.)

(2) *Bull. de la Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol.*, t. XIII, 1899, pp. 66-93.

(3) *Observations préliminaires sur les blocs erratiques des hauts plateaux de la vallée du Geer à l'Est de Tongres, avec quelques indications relatives à la tectonique, à la géographie physique et à l'hydrologie du bassin du Geer.* (Bull. Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol., 1900, t. XIV, *Proc.-verb.*, pp. 294-303.)

sures, certainement très localisées; sous le Brabant, les indications de M. van Ertborn nous portent à croire la craie fortement fissurée sous la vallée de la Senne; dans le bassin du Geer, sur les hauts plateaux du Sud, il y a des localisations d'eaux courantes souterraines remarquables.

Certaines exploitations de phosphates ont dû être arrêtées, tant la venue d'eau était abondante; d'ailleurs, les ravins à sec qui aboutissent à la vallée du Geer, montrent que le réseau hydrographique est devenu souterrain et que de véritables ruisseaux circulent dans la craie. On constate dans la région voisine de la vallée du Geer, l'existence de *tawes* ou bancs durs (1), sous lesquels parfois l'eau se trouve sous une pression telle que les foreurs de puits doivent percer cette roche avec précaution, tant la venue d'eau est rapide et abondante.

Mais ces ressources, qui tendent d'ailleurs à décroître, vu les travaux d'exploitation et les saignées nombreuses qu'on y a exécutés, ne sont ni indéfinies, ni même toujours considérables. Elles peuvent cependant satisfaire le plus souvent à des besoins locaux. Plusieurs sucreries de la Hesbaye ont toutefois une certaine peine à y trouver des bases suffisantes d'alimentation.

Dans la région de Liége, la craie compacte et homogène présente, vers le haut, des fissures qui donnent souvent de l'eau en abondance et alimentent, on le sait, la ville de Liége; enfin, dans le bassin de Mons, les puits de mine ont tous rencontré d'abondantes venues d'eau dans la craie; le rapport précité de M. Rutot a d'ailleurs rappelé combien celle-ci est fissurée dans ces parages.

Bref, dans les régions de craie compacte, on ne peut trouver de l'eau que si l'on a la chance de rencontrer des fissures.

Quelles sont les régions ou zones les plus fissurées? Ce sera sans doute aux progrès des études tectoniques régionales à nous l'apprendre.

M. Van den Broeck se permet d'exprimer quelques réserves au sujet du terme « craie congloméroïde » employé par M. Gosselet. Cette formation n'a nullement un caractère stratigraphique, puisque latéralement, ou encore de haut en bas, elle passe à la craie compacte et qu'elle manque absolument sous les plaines et plateaux.

Il lui semble bien difficile d'expliquer cet état de la craie par la circulation d'une nappe liquide, puisque M. Gosselet nous dit qu'on

(1) Les mêmes que ceux appelés *tuns* dans le Nord de la France.

trouve la craie dans cet état jusqu'à 30 mètres sous les vallées et même sous le niveau de la mer.

A sa connaissance, rien de semblable n'a jamais été observé en Belgique ni dans le bassin de Paris, de sorte qu'on est autorisé à se demander s'il n'y a pas erreur d'observation, ou influence de phénomènes spéciaux très localisés, d'ordre soit tectonique, soit purement mécanique, et en relation avec les pressions latérales soit de failles, soit des massifs séparant les sillons que constituent les vallées.

En attendant une étude complémentaire, que justifie l'intérêt de la question, il semble à M. Van den Broeck qu'il conviendrait de se servir des termes « craie fissurée » ou « craie fendillée » plutôt que de ce vocable nouveau, et encore si mal défini, de « craie congloméroïde ».

M. *Rutot* expose ce qui suit :

A. Rutot. — Le régime hydrologique de la craie en Belgique.

M. *Rutot* est, en tous points, de l'avis exposé par M. E. Van den Broeck. Il croit qu'un aveu d'ignorance ne serait pas de mise dans notre pays, car l'auteur est persuadé que des prévisions peuvent être émises dans chaque cas particulier avec toutes chances de solution exacte.

Cette assurance découle de la disposition de la craie en Belgique.

Si l'on fait une coupe Nord-Sud passant par Anvers, Bruxelles et Mons, on reconnaît nettement la disposition de deux bassins crétacés. Sous Bruxelles apparaît le biseau de la craie, dont l'épaisseur se développe vers le Nord, mais en s'enfonçant rapidement sous d'épaisses couches tertiaires dont la masse principale est imperméable. Sous Mons, au contraire, on constate un véritable synclinal crétacé raboté par les érosions marines tertiaires, montrant toutes les assises successives en débordement, les plus largement étalées étant les plus anciennes.

De plus, sauf au centre du synclinal, le recouvrement tertiaire est perméable et à peu près insignifiant.

Vers l'Est, le bassin septentrional se rejoint à la continuation du bassin du Hainaut par la Campine limbourgeoise et la Hesbaye.

Or, on sait, pour ce qui concerne le bassin du Nord, qu'il n'est guère aquifère que le long de son biseau, sous Bruxelles, et encore la quantité d'eau n'est guère importante puisque, actuellement, tous les puits artésiens, indistinctement, doivent être poussés jusque dans le Primaire, la craie ne fournissant plus d'eau.

Vers le Nord, on trouve parfois un peu d'eau, grâce à la rencontre d'une rare fissure, et encore l'alimentation est bien précaire, car, à Vilvorde, le puits Nowé, le seul ayant traversé une fissure sérieuse et dont on tirait 500 mètres cubes d'eau par jour pour l'alimentation de la ville, a vu depuis son débit réduit de moitié, et rien ne dit que la diminution ne sera pas plus considérable dans l'avenir. En réalité, ce sont plutôt des réserves séculaires qu'on épuise.

Donc, pour le bassin Nord, les prévisions sont qu'il n'y a aucune chance d'y rencontrer de grandes quantités d'eau, et dans cette région aucune recherche n'est à conseiller, car il y a certes plus de 90 °/₀ de chances défavorables.

Dans le Hainaut, c'est exactement le contraire. Là, la craie est partout largement et assez profondément fissurée, et l'on peut dire qu'en cas de recherches, il existe plus de 90 °/₀ de chances entièrement favorables, la profondeur à laquelle l'eau se trouve étant toujours relativement faible et les débits souvent énormes.

Dans la Campine, on a chance de rencontrer, au sommet de la craie, le tuffeau maestrichtien ou la craie de Spiennes à silex nombreux, toujours aquifère.

De même les sables de l'assise d'Aix-la-Chapelle ont aussi fourni de belles venues.

Quant à la Hesbaye, elle est actuellement fort à sec, le sous-sol est souvent absolument épuisé.

Ce fait, dûment constaté depuis plusieurs années, est dû aux saignées effectuées pour les distributions d'eau et surtout aux pompages pratiqués par la multitude de sucreries qui couvrent la région.

Peu à peu, tous les puits ont dû être approfondis, et maintenant tous, dans certaines régions, touchent le Hervien imperméable.

Il existait là, dans toutes les fissures de la craie, une imprégnation multiséculaire qui n'a pu être alimentée en quantité égale au volume extrait.

Cette pénible situation doit être attribuée, en grande partie, à l'épais manteau de limon hesbayen argileux et imperméable qui recouvre la craie, qui empêche toute infiltration en profondeur et transforme l'eau de pluie en eau de ruissellement.

De l'avis de M. Rutot, on ne pourra reconstituer les réserves de la nappe aquifère de la Hesbaye que par des moyens artificiels consistant, par exemple, à creuser de vastes entonnoirs dans les dépressions, que l'on ferait communiquer verticalement avec la craie au moyen de puits remplis de sable filtrant, de manière à déverser dans la craie les eaux de ruissellement.

Pour ce qui concerne la Hesbaye, les prévisions sont donc des plus aisées et des plus sûres : il n'y a plus guère de points favorables pour l'obtention d'un grand débit, ou dépassant les nécessités d'utilisation locales.

Enfin, M. Rutot déclare qu'il n'a pas connaissance, en Belgique, d'un forage qui ait traversé ce que M. le professeur Gosselet appelle craie congloméroïde.

René d'Andrimont. — **Le rôle hydrologique de l'orientation du fissurage de la craie.**

M. *d'Andrimont* attire l'attention sur quelques points qui n'ont pas été touchés dans la discussion :

1° L'orientation des fissures dans les terrains crayeux n'est pas absolument un effet du hasard. Il existe généralement une ou plusieurs directions de fissures ou de fractures, parmi lesquelles l'une prédomine. Tel est le cas pour le sous-sol de la Hesbaye. Le puits régulateur établi pour la ville de Liége est entouré d'un quadrilatère de galeries; les galeries Est-Ouest ont donné de l'eau, les galeries Nord-Sud n'en ont pour ainsi dire pas donné. Ce fait provient de ce qu'il existe un système de cassures, orientées plus ou moins Nord-Sud, qui ont été recoupées par deux galeries et qui sont parallèles aux deux autres.

Il convient donc, pour l'établissement d'un captage dans les craies, d'employer de préférence des galeries et de les orienter perpendiculairement à la direction de fissuration prédominante.

L'orientation des fissures n'est pas un effet du hasard, mais elle peut dépendre de causes géologiques. Il est notamment remarquable de noter le parallélisme entre la direction des fissures qui découpent le massif crayeux de la Hesbaye et celle des importantes failles normales de la Campine.

Les deux phénomènes pourraient provenir de la même cause.

2° Les sondages de la Campine ont donné quelques indications sur la nature aquifère du Crétacé. Des fissures découpent vraisemblablement toutes les assises crétacées. Le Crétacé ayant dû être émergé avant l'invasion de la mer tertiaire, les eaux d'infiltration chargées de CO^2 ont pu circuler dans ces fissures et les élargir par dissolution.

Dans ces conditions, la richesse en eau des assises crayeuses du Crétacé doit rapidement diminuer en profondeur. C'est ce que les sondages ont démontré (1).

---

(1) René d'Andrimont, *Note sur les conditions hydrologiques de la Campine.* (Revue universelle des Mines, 1905, 4e série, t. IX.)

Étant donnée la direction vers laquelle s'est faite l'invasion de la mer tertiaire, la zone altérée par dissolution et particulièrement aquifère doit présenter une épaisseur maximum vers le Sud-Est de la Campine.

Cette conclusion est conforme aux idées que vient d'émettre M. Rutot sur la différence des propriétés aquifères du Crétacé dans le sous-sol des villes de Bruxelles, d'Anvers et d'Ostende.

M. *Rutot* confirme les vues de M. d'Andrimont en ce qui concerne la fissuration de la craie; celle-ci se montre décomposée en cubes, qui restent jointifs dans la partie inférieure de la masse et ne laissent rien passer.

M. *Van den Broeck* suggère l'emploi des stratamètres, etc., instruments spéciaux (voir notre *Bulletin*, t. XVIII, 1904, Pr.-verb., pp. 80-84) qui permettent de retirer des carottes *orientées* sur lesquelles on trouverait la direction des fissures et par suite le sens dans lequel il faudrait diriger les galeries.

M. *d'Andrimont* croit ces appareils trop délicats pour donner des résultats probants.

M. *Kemna*. — La diminution du débit du puits artésien à Vilvorde a eu une conséquence singulière. Comme dans la plupart des autres villes, il y a un minimum de consommation imposé; mais il y a aussi un maximum, et le consommateur qui le dépasse, sans raison suffisante, peut être mis à l'amende. Pour la craie, teneur aquifère et fissuration sont pratiquement des termes équivalents. Dans une conversation en 1899, le professeur Boyd Dawkins a donné une formule générale : La craie est compacte dans les synclinaux, fissurée dans les anticlinaux.

M. *d'Andrimont*. — Le baron van Ertborn a constaté que certains puits artésiens donnaient beaucoup d'eau, d'autres pas. Il serait intéressant de savoir si ces puits ne sont pas localisés respectivement sur les synclinaux et les anticlinaux de la craie.

M. PIRSCH. — **Le pouvoir bactéricide du sulfate de cuivre et sur l'emploi de ce sel pour la destruction des algues d'eau douce.**

L'auteur fait, sous ce titre, une communication préalable, qui peut se résumer comme suit :

L'action antiseptique du sulfate de cuivre est connue depuis longtemps, mais son application au traitement de grandes masses d'eau est toute récente. La première publication par Moore et Kellerman, du Bureau d'agriculture des États-Unis, date de mai 1904. Alors que pour

l'usage ordinaire, Miquel, par exemple, parle d'une solution au 500e, dans l'application aux eaux on va dans les millionièmes; et non seulement il y aurait destruction des microbes pathogènes, mais aussi des Algues, et cela sans nuire à la vie des organismes plus élevés, tels que les Poissons. Pour les grands réservoirs, le sel est introduit en promenant une barquette remorquant un sac de cristaux; mais il est douteux que l'on obtienne une répartition convenable dans toute la masse de l'eau. La possibilité d'empêcher la pullulation des Algues dans les réservoirs ouverts dispense d'une couverture coûteuse, selon les ingénieurs américains; mais l'expérience de l'auteur à la Compagnie intercommunale des Eaux de la banlieue de Bruxelles lui a donné la conviction que le captage de bonnes sources et des réservoirs couverts sont le système de loin préférable.

M. *Kemna.* — Ce système n'est pas applicable partout, et dans les villes alimentées par des eaux superficielles, la pullulation des Algues flottantes, dont le protoplasme contient comme inclusion des huiles essentielles, est cause de goût et d'odeur; un moyen commode d'empêcher cette pullulation serait donc d'une grande importance pratique.

Les expériences bien connues de Raulin, il y a quarante ans, ont montré que l'*Aspergillus niger* refuse de végéter dans une capsule d'argent; la quantité de métal dissous est pourtant si minime que l'analyse chimique ne peut même en déceler des traces. Un travail posthume de Naegeli (Munich, 1893), confirmé par Cramer (Zurich), a généralisé cette action des sels métalliques en solutions ultra-diluées, à plusieurs millionièmes; cette action a reçu le nom d'oligodynamie. L'emploi actuel du sulfate de cuivre n'est qu'une application de ces faits bien établis; et les auteurs américains n'ont publié qu'après un nombre suffisant d'expériences, toutes favorables.

Les solutions ordinaires tuent par exemple *Spirogyra* en faisant rétracter le protoplasme; c'est la méthode en usage dans les laboratoires pour montrer « l'utricule primordiale ». Dans la mort par oligodynamie, il y a rétractation uniquement du protoplasme chlorophyllé. Les divers organismes sont inégalement sensibles. Les Algues bleues ou Cyanophycées sont le plus facilement tuées; ce sont aussi les plus gênantes. Les Diatomées, qui sont l'élément actif du filtrage au sable, sont plus résistantes; d'où la possibilité, par un dosage approprié, d'écarter les premières en ménageant les secondes. A ces doses, le sulfate de cuivre est bien réellement inoffensif pour les organismes supérieurs.

L'utilisation du sulfate de cuivre est un nouvel exemple des heureux résultats de la collaboration de la théorie et de la pratique.

M. *E. Van den Broeck* résume en séance le compte rendu, destiné au *Bulletin bibliographique*, que M. *J. Cornet* a consacré au premier fascicule, relatif à la région de Douai, d'un important mémoire in-4°, avec atlas in-folio, que vient de publier M. le professeur J. Gosselet sur *L'allure de la surface des terrains primaires et celle des couches crétacées et tertiaires dans la région de Douai*. (Voir *Bulletin bibliographique*.)

A. Kemna. — Les Astérolépidés, par Traquair.

Ce travail est la continuation d'un grand ouvrage sur les Poissons du vieux grès rouge d'Angleterre, par la « Palaeontographical Society » de Londres. La première partie, traitant des Céphalaspidés, les curieux poissons à bouclier céphalique aplati, par Ray Lankester, a paru en 1868 et 1870. Puis, en 1894, a paru un fascicule de Traquair sur les Astérolépidés; ce fascicule s'arrête au milieu d'une phrase, laquelle est maintenant, en 1905, continuée. Mais le fascicule de 1905 est coupé de même; il faut donc de nouveau attendre, avec l'espoir que l'attente ne sera plus si longue.

Ce deuxième fascicule continue la partie descriptive. Un travail de cette nature se soustrait à l'analyse. Mais on doit signaler comme une louable preuve de tact scientifique, la tendance de l'auteur à ne pas multiplier les coupes spécifiques, cette plaie de la zoologie systématique, qui sévit encore plus fort en paléontologie à cause de l'état imparfait des fossiles. C'est ainsi que Traquair, continuant dans la voie de ses publications précédentes, réduit maintenant à deux seulement les espèces de *Pterichthys* : *Pt. Milleri*, dont la partie terminale de l'appendice latéral est mince, *Pt. productus* avec cette partie élargie. Et encore considère-t-il ces deux formes plus que probablement comme des différences sexuelles, *productus* étant mâle, *Milleri* femelle. S'il maintient deux noms, c'est parce que cette thèse n'est pas susceptible de démonstration probante.

Le délai dans la publication a permis de mettre le deuxième fascicule au courant des dernières découvertes; mais il en résulte un certain contraste avec l'autre. C'est ainsi que Traquair commence par donner deux figures nouvelles de restauration de *Pt. Milleri* pour remplacer les anciennes et tenir compte des faits nouveaux, signalés entre autres par Jaekel (Berlin). Mais les différences ne portent que sur des détails, et cela démontre la clairvoyance avec laquelle les premières restaurations ont été établies.

Les Astérolépidés, par l'étrangeté de leur forme, ont toujours excité

un grand intérêt théorique. Ce côté de la question n'a pas été touché dans le fascicule actuel, l'auteur le réservant pour plus tard. Il nous tarde de connaître, sur tous les problèmes soulevés, l'opinion d'un maître autorisé comme Traquair. C'est une raison de plus pour souhaiter une publication accélérée.

La séance est levée à 10 h. 25.

ANNEXE A LA SÉANCE DU 4 AVRIL 1905.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

---

1. Dr A. Philippson, **Wissenschaftlicher Ausflug « Siebengebirge-Rhein-Eifel-Mosel »**. (*Verhandlungen des VII. Internationalen Geographen-Kongresses in Berlin*, 1899.)— Excursion scientifique « Sept Montagnes-Rhin-Eifel-Moselle ». (*Actes du VIIe Congrès géographique international.*)

2. Dr E. Kaiser, **Die Ausbildung des Rheinthales zwischen Neuwieder Becken und Bonn-Cölner Bucht**. (*Verhandlungen des XIV. Deutschen Geographentages zu Köln*, 1903.) — La formation de la vallée du Rhin entre le bassin de Neuwied et l'anse de Bonn-Cologne. (*Actes de la XIVe Réunion de géographes, à Cologne.*)

Les recherches susnommées se rattachent à ma communication : « Le Rhin et le Glacier scandinave quaternaire » dans le *Bulletin de la Société belge de Géologie*, 1902, de sorte que j'en ai déjà donné un aperçu dans le *Bulletin de la Société géographique néerlandaise* de 1904.

Jusqu'ici la question suivante est loin d'être résolue : « Comment le Rhin a-t-il frayé sa route entre la Suisse et la mer du Nord? » Il est assez facile de comprendre qu'une rivière descendant des Alpes, coule dans la basse plaine de l'Alsace, etc., mais non comment elle a coupé la tranchée étroite et pittoresque qui existe en aval de Bingen. Supposons celle-ci fermée : le Rhin formerait un grand lac entre Bâle et Bingen, qui s'écoulerait par la passe la moins élevée, vers le Weser et la mer du Nord.

Il est facile aussi de comprendre la genèse d'une vallée en aval d'Andernach, car entre le Westerwald, à l'Est, et l'Eifel, à l'Ouest, se trouve une plaine en cuvette, élevée de 300 à 350 mètres, prédestinée à se modifier en vallée de rivière. Elle doit son origine exclusivement à des mouvements tectoniques.

Pourtant, en suivant cette plaine élevée, du Nord au Sud, on découvre une plaine plus basse, le bassin de Neuwied, imitation, sur une échelle diminuée, du bassin de Mayence. L'hypothèse s'offre d'elle-même, que la « plaine en cuvette » a été plus basse à l'origine et s'est élevée; mais « ce n'est qu'une hypothèse ».

Il est probable que l'érosion et la montée ont eu lieu périodiquement et que, par cela même, plusieurs terrasses se sont formées, dont la principale est dans le prolongement de la haute terrasse signalée dans ma communication précitée. Elle descend près du Rhin jusqu'à 180 mètres (je trouvai 165 mètres près de Bonn).

La largeur de cette terrasse principale est de 2 kilomètres à Andernach, de 7 kilomètres à Linz, tandis qu'à Berkum, en aval de Remagen, son bord se replie vers l'Ouest, de sorte que la terrasse s'élargit énormément.

Le gravier de cette terrasse principale est composé en première ligne de roches siliceuses, quartz blanc, etc., de schistes, basalte, trachyte, etc.

Une seconde terrasse est plus élevée, 210-270 mètres, et caractérisée : 1° par le manque de roches éruptives des vallées de la Nahe (Kreuznach) et du Lahn (Ems), 2° par la présence de cailloux d'oolithe siliceuse, dont l'origine est encore obscure.

Cette terrasse est fort démantelée et n'a pas encore été recherchée au delà de la vallée du Brohl, vers le Sud, et de la vallée de l'Ahr, vers le Nord. Elle s'enfonce sous la terrasse principale à partir de cette dernière rivière.

Une troisième terrasse correspond à la terrasse moyenne signalée dans ma communication antérieure. Elle se trouve à environ 70 mètres, d'après Kaiser, ce qui ne diffère pas beaucoup du chiffre de 62 mètres, que je trouvai à Bonn.

Une quatrième terrasse est identique à ma basse terrasse.

Les recherches de M. Kaiser se coordonnent donc fort bien avec les miennes, sauf que les relations en amont de Bonn sont plus compliquées qu'en aval de cette ville.

Plusieurs sondages ont démontré que le lit du Rhin a été alternativement plus élevé et plus bas qu'aujourd'hui, de sorte que le comble-

ment et l'érosion se sont succédé. Une règle est que le Diluvium s'épaissit vers le Nord, de sorte que sa base descend plus vite que le Rhin actuel. Ce dernier a une dénivellation de 15 mètres de Honnef à Cologne; le premier, de 31 mètres. La base de la terrasse principale descend bien plus vite encore, à savoir à raison de 50 mètres sur la même distance. J. Lorié.

J. Cornet. — **L'allure de la surface des terrains primaires et celle des couches crétacées et tertiaires dans la région de Douai, d'après un récent travail de M. J. Gosselet** (1).

§ I. M. *J. Gosselet*, notre illustre confrère et ancien président, vient d'enrichir la littérature géologique du Nord de la France de la première partie d'un travail qui constituera une digne suite à l'*Ardenne*, en même temps qu'un complément des descriptions des bassins houillers du Nord et du Pas-de-Calais par M. Olry et par M. Soubeyran.

L'étude de la surface des massifs primaires de nos régions, cachés par les assises secondaires, et celle de l'allure profonde de ces mêmes assises, présente des problèmes du plus haut intérêt. Malheureusement, là où le recouvrement secondaire et tertiaire atteint une grande épaisseur, on n'a généralement comme documents que les résultats de quelques puits artésiens, très clairsemés en certaines régions, presque absents dans d'autres, et généralement peu profonds. D'autre part, on sait combien il est souvent hasardeux de déduire l'allure souterraine des couches de l'observation des affleurements ou des données fournies par quelques sondages peu profonds. On n'ignore pas non plus que, dans des cas déjà assez nombreux, on a vu le relief des massifs primaires enfouis à grande profondeur, se compliquer à mesure que se multipliaient les points reconnus par sondage.

Les conditions que présente la région des bassins houillers du Nord de la France sont particulièrement favorables à ce point de vue. Le sol y est, en quelque sorte, criblé de puits de mines et de sondages

---

(1) J. Gosselet, *Les assises crétaciques et tertiaires dans les fosses et les sondages du Nord de la France.* Fascicule I. *Région de Douai.* (Études des gîtes minéraux de la France, publiées sous les auspices de M. le Ministre des Travaux publics par le Service des topographies souterraines. 1 vol. in-4° de xii-141 pp. avec 1 atlas de 7 pl. in-folio. Paris, Imprimerie nationale, 1904.)

de recherche, auxquels s'ajoutent, vu la densité de la population et l'activité industrielle, un grand nombre de puits artésiens.

C'est la coordination de tous ces documents qu'a entreprise M. Gosselet, et il nous présente aujourd'hui la première partie de ses recherches. Elles concernent les territoires de la moitié occidentale de la feuille de Douai de la Carte géologique de France, et spécialement les espaces correspondant aux concessions houillères de Lens, Liévin, Meurchin, Courrières, Drocourt, Carvin, Ostricourt, Dourges, Flînes lez-Raches, l'Escarpelle, Aniche et Azincourt.

L'auteur se propose de publier bientôt la seconde partie de son travail, qui aura pour objet la portion orientale du bassin du Nord, et alors nous comptons bien pouvoir lui donner la main par-dessus la frontière et relier à ses courbes celles que nous traçons dans le Hainaut. Cette liaison sera toute naturelle, car le *paléocreux* (1) de Mons, sans égard à cette frontière, pénètre sur le territoire français et va se terminer près de Valenciennes.

§ II. L'important mémoire de l'infatigable investigateur de la géologie du Nord est publié par le *Service des Topographies souterraines,* et il y est vraiment à sa place. C'est bien, en effet, un travail de topographie souterraine ou, si l'on veut, de *paléo-topographie.*

Se basant sur les données fournies par plus de trois cents puits de mines, sondages et forages (ce qui donne à ses résultats un caractère de certitude qui est rarement atteint dans les travaux de ce genre), M. Gosselet a construit des courbes de niveau portées sur la carte topographique de l'État-major et indiquant : 1° l'allure de la surface des terrains primaires, recouverte par les morts-terrains; 2° celle de la surface du Turonien en contact avec la craie sénonienne, recouverte sur de grandes étendues par les terrains tertiaires. L'équidistance des courbes est de 10 mètres.

Ces trois cartes sont accompagnées de deux feuilles donnant une douzaine de coupes géologiques orientées Nord-Sud et Est-Ouest, et qui montrent les allures de la surface du Primaire et des assises crétacées et tertiaires.

Dans le texte sont intercalés plus de trente croquis donnant des détails locaux de ces différentes allures.

(1) M. Gosselet désigne par les expressions de *paléocreux, paléminence, paléocolline, paléoplaine* les particularités des reliefs *anciens,* pour éviter les confusions avec la topographie actuelle de la surface.

Le texte lui-même examine, concession par concession, les documents fournis par les puits, sondages et forages (1), et en tire les données nécessaires à la détermination de l'allure des assises des morts-terrains et de la surface primaire. C'était là une tâche difficile, extraordinairement délicate, et il fallait, pour la mener à bonne fin, une connaissance approfondie de la géologie de la région et un sens critique très délié. C'est dire que M. Gosselet l'a accomplie d'une façon remarquablement autorisée et habile (2).

Cet exposé, avec les cartes, croquis et coupes qui s'y rapportent, constitue la partie essentielle du travail; le mémoire de M. Gosselet comprend, en outre, plusieurs chapitres en quelque sorte accessoires, mais qui n'en sont pas moins d'un très haut intérêt. Ainsi, en vingt-quatre pages ayant pour titre : *Structure générale du sol*, M. Gosselet, avec cette « clarté qui est le vernis des maîtres », expose d'une façon à la fois concise et précise les grands traits de la stratigraphie et de la tectonique de la région étudiée. Ce résumé, venant vingt-cinq ans après l'*Esquisse géologique du Nord de la France*, constitue une bonne fortune pour le géologue. Rien d'essentiel n'y est négligé et aucun détail n'y est superflu.

A la fin du travail se trouve un chapitre sur les nappes aquifères de la craie. Les hydrologues le liront avec profit. Ils y apprendront plusieurs faits nouveaux d'une grande utilité pratique.

§ III. Voici comment on peut résumer en peu de mots les conclusions générales qui se dégagent du travail de M. Gosselet :

1° La superficie du substratum primaire sur laquelle se sont déposés les terrains secondaires dans la région de Douai n'est pas une surface horizontale, ni même une surface plane et légèrement inclinée que l'on pourrait considérer comme une *plaine d'abrasion marine;*

2° On ne peut admettre que les inégalités de niveau, parfois très fortes, que l'on constate dans cette surface et dans celle des couches secondaires qui la recouvrent, soient d'ordre tectonique, c'est-à-dire dues à des plissements postérieurs au dépôt de ces couches secondaires;

3° Les dislocations des terrains primaires, failles ou plis, ne se

---

(1) Pour éviter toute confusion, M. Gosselet appelle *sondages* les trous pratiqués pour l'exploration du sous-sol, et *forages*, ceux qui ont pour objet la recherche de l'eau.

(2) A la fin du travail sont résumées, sous forme de tableaux, les coupes de trois cent vingt-cinq puits, sondages, etc.

propagent pas dans les couches crétacées. Ces failles et ces plis sont donc antérieurs à la craie et ne se sont pas accentués depuis le dépôt de celle-ci (1);

4° La mer crétacée a envahi non une plaine d'abrasion marine, mais une surface d'érosion aérienne, une pénéplaine, relativement très accidentée par places (2);

5° Les anticlinaux et les synclinaux primaires n'ont que peu d'influence sur le relief de cette pénéplaine;

6° La surface primaire présente plusieurs *dépressions fermées* (*paléocreux*), que M. Gosselet tend à considérer comme l'œuvre de glaciers permiens, dont la brèche d'Auby et le conglomérat de Roucourt représenteraient des moraines (3);

7° Les assises crétacées ne sont pas formées de couches horizontales d'épaisseur invariable et de composition constante;

8° Les assises crétacées les plus anciennes se sont moulées sur la surface irrégulièrement ondulée du substratum primaire et les suivantes sur les premières, en présentant en général une tendance à l'épaississement dans les creux du substratum. Ces assises ont, par conséquent, une allure ondulée qui va s'atténuant des plus anciennes aux plus récentes;

9° Les couches tertiaires se sont moulées sur les ondulations de la craie; ces ondulations sont en partie *primitives* et en partie l'œuvre des érosions continentales prétertiaires;

10° La distribution actuelle du Tertiaire concorde avec les dépressions de la craie. Les érosions pleistocènes ont balayé le Tertiaire en dehors de ces dépressions, mais elles n'ont que peu entamé la surface de la craie.

§ IV. Comme on le comprendra aisément, il ne nous est pas possible de donner un résumé de la partie du travail consacrée à l'exposé des faits et à la discussion des tracés des courbes de niveau. Mais, afin de préciser ce que les conclusions qui précèdent énoncent d'une façon générale, nous allons examiner de plus près une des

---

(1) M. Gosselet fait remarquer que les conclusions énoncées ici ne concernent que la région de Douai. Il ne nie aucunement l'existence, dans le Nord de la France, de plis tectoniques affectant les couches de presque tous les âges géologiques, même relativement récents.

(2) Cette *pénéplaine* était encore loin, par conséquent, d'être la pénéplaine théorique.

(3) M. Gosselet veut bien rappeler que nous avions déjà émis la même idée pour le paléocreux de Mons.

régions les plus intéressantes des cartes de M. Gosselet, celle qui correspond à la *concession de l'Escarpelle.*

La concession de l'Escarpelle a la forme d'un losange dont la grande diagonale, disposée à peu près dans le sens Nord-Sud, a son extrémité méridionale au centre de la ville de Douai.

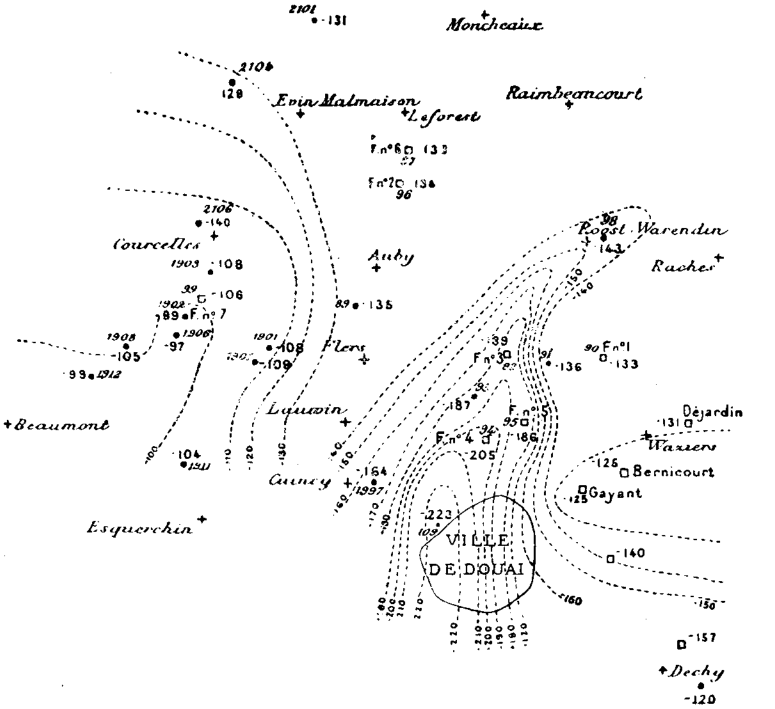


Fig. 1. — Surface primaire dans la concession de l'Escarpelle (J. Gosselet).

La figure 1 (empruntée, comme celles qui suivent, au mémoire de M. Gosselet), représente l'allure de la surface du massif primaire sur le territoire de la concession. On y remarque une dépression très curieuse qui passe sous la partie occidentale de la ville de Douai et s'étend, à peu près vers le Nord, jusque Roost-Warendin.

C'est ce que M. Gosselet appelle le *paléocreux de l'Escarpelle.*

Le thalweg de cette sorte de vallée ensevelie a son point le plus bas connu sous la porte d'Esquerchain, à la cote de — 223. De ce point, ce thalweg se relève vers le Nord et arrive au sondage n° 3 de Roost-Warendin (n° 98 du croquis), à la cote de — 143, pour continuer ensuite à se relever lentement jusqu'au paléoplateau de la Pévèle. Vers le Sud, le trajet du paléocreux n'est pas connu.

Dans le sens transversal, on remarquera qu'entre le sondage de la porte d'Esquerchain (n° 109) et la fosse Gayant, il y a une différence de niveau de près de 100 mètres. Elle est de 80 mètres entre la fosse n° 4 et la fosse Gayant.

Le plateau dans lequel est creusée cette vallée souterraine est à — 120 ou — 130 mètres d'altitude.

M. Gosselet est d'avis que le paléocreux de l'Escarpelle ne paraît pas correspondre à un accident tectonique du terrain houiller; son axe recoupe à peu près perpendiculairement la direction des couches houillères. Cependant, ajoute l'auteur, il y a à la fosse n° 3 (dans le thalweg du paléocreux) un *brouillage* dirigé Nord-Sud, et à l'Ouest de la fosse Gayant, il existe une faille orientée dans le même sens. « La position du creux de l'Escarpelle pourrait donc avoir été primitivement déterminée par l'un ou l'autre de ces accidents, mais il a été fortement agrandi par l'érosion. En tous cas, il est antérieur au Tourtia, qui le comble en partie. » (P. 27.)

Sur le sol primaire, ainsi accidenté, repose directement le CÉNOMANIEN, représenté par des marnes blanches, dont la base est formée par des couches glauconifères avec galets, c'est-à-dire un *Tourtia* (1).

Chose bien intéressante, on constate que le Cénomanien est beaucoup plus épais dans le paléocreux que sur les plateaux primaires voisins (fig. 2); il atteint 50 à 60 mètres dans la vallée, contre 10 à 20 mètres en dehors. Il en résulte qu'à la fin de l'époque cénomanienne, le paléocreux se trouvait considérablement atténué. La différence de niveau entre Gayant et la fosse n° 4 n'est plus que de 55 mètres.

Les DIÈVES (zone à *Inoceramus labiatus*), qui viennent au-dessus des marnes cénomaniennes, ont en moyenne 50 à 60 mètres de puissance, mais dans l'axe du paléocreux, à la fosse n° 4, cette épaisseur s'élève à 70 mètres. Les Dièves atténuent donc encore les accidents du relief (fig. 3). La différence de niveau entre Gayant et le n° 4 n'est plus que de 40 mètres.

Le dépôt des BLEUS (zone à *Terebratulina gracilis* et à *Inoceramus Brongniarti*) rétrécit encore le creux, mais en même temps élève la paléminence de Gayant, de sorte que la différence de niveau entre Gayant et le n° 4 reste à peu près la même (fig. 4).

---

(1) Ce Tourtia, que l'on rencontre partout à la base du Crétacé, n'est ni le Tourtia de Tournai à *Codiopsis doma,* ni le Tourtia de Mons à *Pecten asper.*

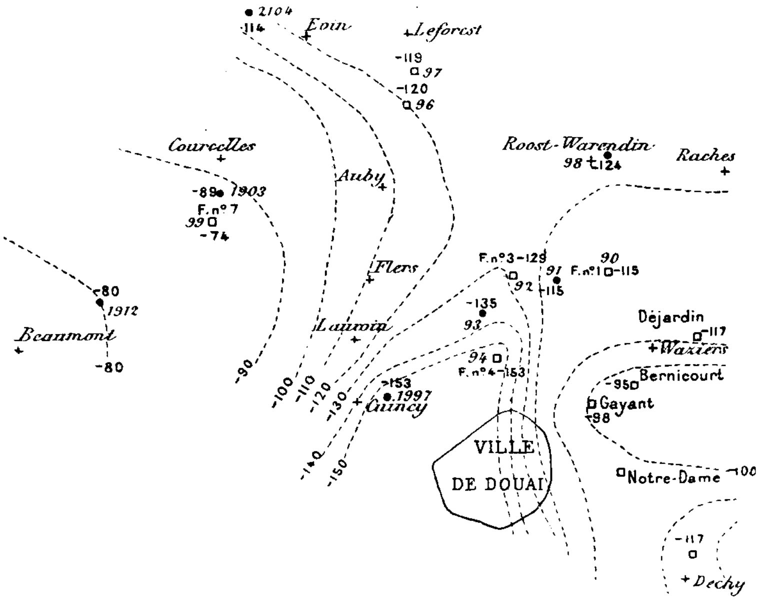


Fig. 2. — Surface du Cénomanien dans la concession de l'Escarpelle (J. Gosselet).

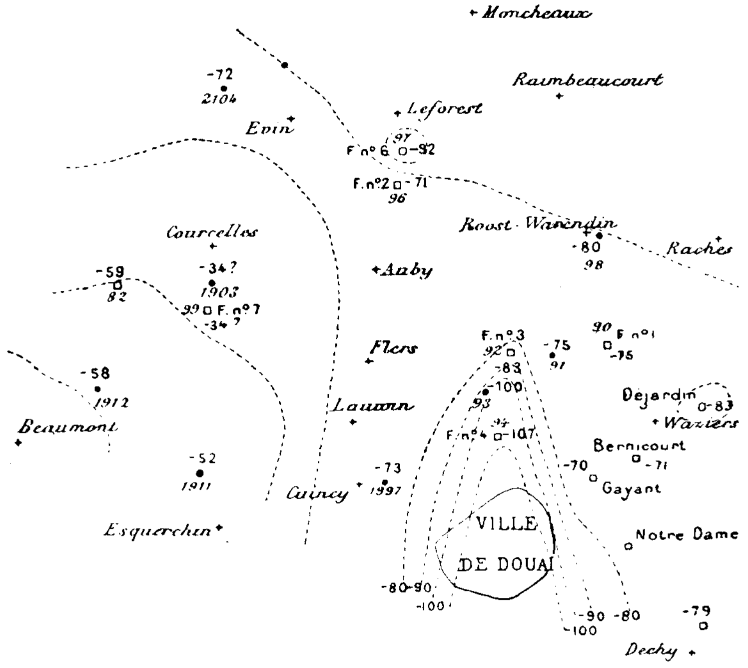


Fig. 3. — Surface des Dièves dans la concession de l'Escarpelle (J. Gosselet).

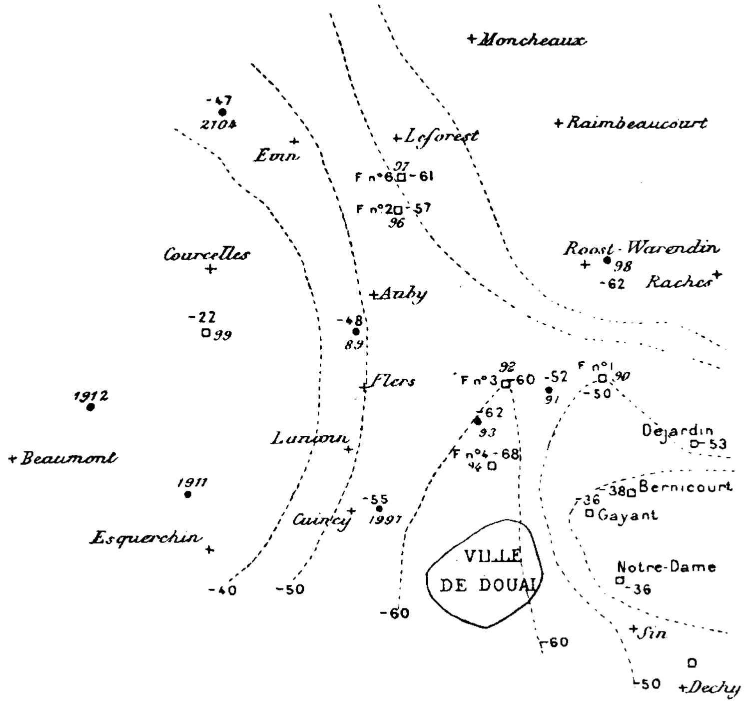


Fig. 4. — SURFACE DES BLEUS DANS LA CONCESSION DE L'ESCARPELLE (J. Gosselet).

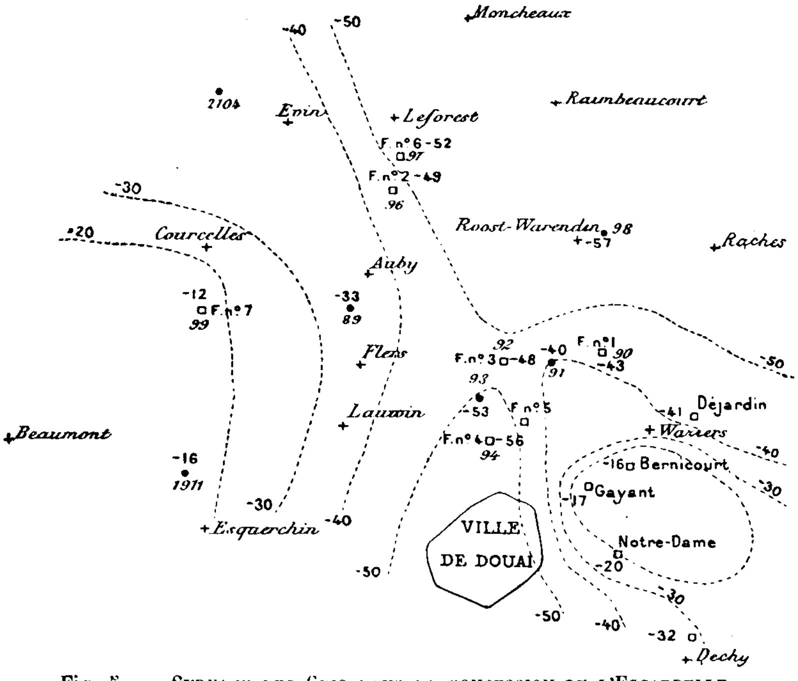


Fig. 5. — SURFACE DES GRIS DANS LA CONCESSION DE L'ESCARPELLE (J. Gosselet).

Les Gris (zone à *Micraster breviporus*) n'amènent dans l'allure des courbes de niveau que les faibles modifications indiquées par la figure 5.

En somme, bien que le relief ait été considérablement adouci, on peut voir, en comparant les figures 2 et 5, que le dépôt de l'ensemble du Turonien (*Dièves*, *Bleus* et *Gris*) n'a pas modifié essentiellement l'allure du relief. La paléminence de Gayant et celle de Courcelles, à l'Ouest, continuent d'exister; elles sont séparées par une dépression de 40 mètres de profondeur, qui représente ce que la sédimentation crétacée a laissé, jusqu'ici, du paléocreux primaire.

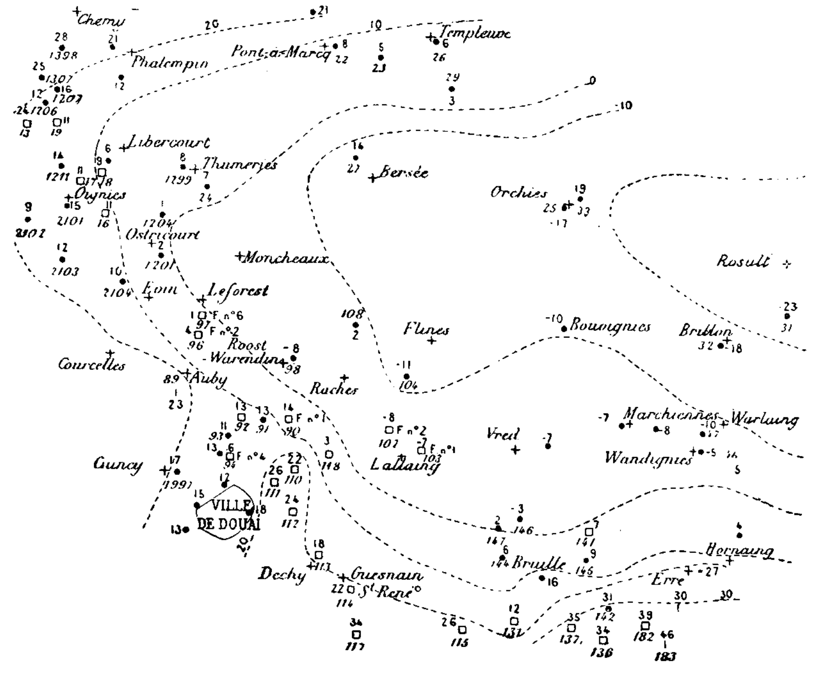


Fig. 6. — Surface de la Craie blanche dans les concessions de l'Escarpelle, d'Aniche, d'Ostricourt, de Flines et en Pévèle (J. Gosselet).

Il faut remarquer la raideur de l'escarpement qui borde le creux vers l'Est; les couches crétacées présentent là une très forte pente. Cette forte inclinaison nous fait comprendre, d'après M. Gosselet, « comment, sous l'influence d'un affaissement de la surface primaire dû à l'exploitation, il a pu y avoir des glissements dans les terrains morts. On se rend ainsi compte des *tremblements de terre* qui agitent la surface du sol et que l'on ne ressent pas dans les travaux profonds. Il

n'y aurait même rien d'étonnant à ce qu'il se produisît des crevasses et des modifications de distance de quelques monuments superficiels ».

Telle est l'opinion de M. Gosselet sur l'origine des *tremblements de terre* si fréquents de la région de Douai. Ce n'est pas la nôtre.

La Craie sénonienne atteint 63 mètres d'épaisseur dans le paléocreux, alors qu'elle n'a que 49 mètres au sondage de Roost-Warendin. Le comblement s'est donc continué pendant l'époque des *Micraster*, mais il n'a pu cependant faire disparaître toute trace du paléocreux. La surface de la craie (fig. 6) montre encore une dépression entre Gayant et le plateau de Courcelles. Mais cette dépression n'a plus que 10 à 20 mètres de profondeur. Chose à noter, son thalweg s'élève du Nord au Sud et non plus du Sud au Nord.

Nous espérons que ce court aperçu sur un coin de la surface étudiée par M. Gosselet suffira à donner une idée de l'ensemble du mémoire, et, joint au résumé des conclusions de ces recherches, que nous avons fait plus haut, montrera le caractère hautement positif et l'importance scientifique du nouveau travail de notre cher et vénéré confrère.

NOTES ET INFORMATIONS DIVERSES

J.-W. Spencer. — **Le cañon subocéanique de l'Hudson river.** (*The submarine great cañon of the Hudson river*, in The American Geologist, XXXIV, n° 5, p. 292, novembre 1904, Minneapo.)

La plate-forme continentale de la côte orientale des États-Unis est découpée par un très grand nombre de sillons.

Un des plus remarquables est celui qui entaille ce plateau sous-marin dans le prolongement de l'embouchure de l'Hudson river. Dès 1885, le professeur A. Lindenkohl avait reconnu que cette dépression subocéanique possède le facies d'un cañon. Utilisant de nouveaux sondages, M. J.-W. Spencer a pu déterminer plus complètement la forme et l'étendue de cette vallée submergée. En premier lieu, d'après M. Spencer, le seuil qui était indiqué en travers du cañon n'existerait point, le sondage dont le résultat avait fait croire à un relèvement du fond ayant porté sur un des flancs du ravin.

Ce sillon, qui commence à 29 milles de Sandy Hook, a une largeur de 42 milles et présente deux coudes à angle droit. Dans sa partie supérieure, sa largeur est de 2 milles, et sa profondeur atteint 1440 mètres par rapport à la surface de la plate-forme continentale située à la cote bathymétrique de 300 mètres. Cette dépression présente donc, au plus haut point, les caractères du cañon. A une distance de 77 milles de Sandy Hook, la dépression s'élargit, ses versants deviennent plus couchés, et sa profondeur atteint 1 860 mètres dans une partie latérale du sillon, en un mot, la forme typique du cañon s'atténue pour passer à celle d'une vallée. Cette vallée est discernable jusqu'à 100 milles de Sandy Hook, où elle atteint une profondeur de 2 700 mètres.

La largeur totale de ce sillon, cañon ou vallée, marin est donc de 71 milles.

Le fond de la dépression est tapissé d'argile bleue, tandis que la plate-forme continentale est recouverte de sable.

D'après M. Spencer, ce sillon est une ancienne vallée submergée qui a été sculptée dans l'épaisseur du sol, alors que le continent se trouvait à un niveau supérieur de 2 700 mètres à celui qu'il occupe actuellement. Sa formation daterait du début du Pleistocène.

Charles Rabot.

(Extrait de *La Géographie*, X, n° 5, 1904, 15 novembre, pp. 321-322.)

L'influence des forêts sur le régime des cours d'eau.

Il est admis par tous que les déboisements sont les premières causes du tarissement des sources et, par conséquent, des rivières. Mais il n'est pas facile, en général, de déterminer dans quelle mesure l'effet se produit. Une note de MM. A. Schriner et E.-B. Copeland, publiée dans la *Botanical Gazette*, jette un certain jour sur la question. Il s'agit des changements qui se sont produits dans la région de Monroe, au Wisconsin.

Monroe se trouve sur les confins de la forêt primitive, au point où venait à son contact la région de prairie. Le sol étant bon, la forêt a été, peu à peu, détruite pour

servir de pâturage ; l'élevage est abondant et la population s'adonne particulièrement à la fabrication du fromage. La carte de la région, relevée avec soin, indique que 16.8 °/₀ de la superficie des quatre communes faisant l'objet du travail de MM. Schriner et Copeland appartiennent à la région de prairie; le reste, 83 2 °/₀, a été pris sur la forêt. Mais de ces 83.2 °/₀, une partie a été détruite il y a plus de soixante-dix ans (55.9); une autre depuis quinze ou vingt ans (27.3), et il ne reste que 5.8 °/₀ de la forêt primitive. Ce n'est donc plus qu'une très petite fraction de cette forêt. Jusque vers 1887, toutefois, il ne se fit pas de changement appréciable dans le régime des eaux, aucune rivière ne se dessécha, bien qu'assurément il y ait eu une baisse dans le niveau de l'eau. Mais depuis cette époque, les effets de la déforestation se sont montrés avec évidence. Plus de 40 kilomètres de rivière sont maintenant à sec, soit en été, soit pendant toute l'année. En outre, là où il n'y a pas cessation de l'écoulement, il y a diminution du débit. Ceci est manifesté par les moulins. Beaucoup ont disparu et la plupart de ceux qui subsistent ne pouvant plus marcher, n'ayant plus assez d'eau, sont mus actuellement à la vapeur.

(Extr. *Bull. Soc. astronom. de France*, février 1905, p. 100.)

A. DE LAPPARENT. — **Sur l'extension des mers crétacées en Afrique.**

A diverses reprises, j'ai entretenu l'Académie des traces laissées au Sahara et au Soudan par les mers du Crétacé supérieur. Il était naturel de penser que ces mers, reconnues depuis Bilma jusqu'au Damerghou, devaient être en relation par l'Ouest avec l'Atlantique; mais on n'en avait encore aucune preuve directe sur les 2,500 kilomètres qui séparent le Damerghou de l'Océan.

Cette distance vient d'être considérablement réduite, grâce aux trouvailles de deux officiers français, le lieutenant Desplagnes et le capitaine Théveniaud. Le premier a recueilli, dans un dallol qui aboutit au Niger, non loin du coude de Tosaye, et qu'on appelle la *vallée Telemsi*, un lot de fossiles roulés, parmi lesquels M. Douville a reconnu des oursins paraissant appartenir au genre *Linthia*, et de petites huîtres du genre *Lopha*, très différentes de celles de Tamaské, tandis qu'elles ont beaucoup d'analogie avec certaines formes du Crétacé supérieur d'Algérie.

L'une de ces huîtres se montre aussi dans un échantillon de roche recueilli sur le parcours du même dallol, à une centaine de kilomètres au Nord, par le capitaine Théveniaud. La localité de Tabankort, d'où provient l'échantillon, se trouve, d'après les roches communiquées à M. Lacroix, sur le bord méridional d'une vaste région granitique s'étendant au Nord du 18e parallèle.

Enfin, sur le 20e degré de latitude, à Mabrouk, à un peu moins de 2° en longitude, à l'Est de Tombouctou, M. Théveniaud a recueilli un fragment de calcaire contenant des cardites où M. Douvillé a reconnu les caractères distinctifs du groupe de la *Cardita Beaumonti*, espèce qui, en Libye comme en Inde occupe la partie tout à fait supérieure du Crétacé.

Ces constatations, qui étendent à 1 200 kilomètres à l'Ouest le domaine des mers crétacées en Afrique, ne laissent plus de doutes sur l'ancienne communication de l'Atlantique avec la mer où vivait l'Oursin de Bilma.

(*Compte rendu de l'Académie des Sciences*,
t. CXL, n° 6, 6 févr. 1905, pp. 349-350.)

SÉANCE MENSUELLE DU 18 AVRIL 1905.

Présidence de M. **Ad. Kemna**, *président.*

La séance est ouverte à 8 h. 35 ; 26 membres sont présents.

Correspondance.

Le *Commissariat général de Belgique près l'Exposition universelle de Saint-Louis, 1904*, fait savoir que les jurys ont accordé à la Société le *diplôme de médaille d'or en collectivité.*

M. *Francis Laur* se met à la disposition de la Société pour donner une conférence relative à la découverte de la houille en Lorraine.

M. *Watteyne* espère pouvoir communiquer les observations et constatations faites dans les charbonnages lors des récents tremblements de terre survenus en divers points de l'Europe.

M. le Prof. *Kilian* fait connaître que le sismographe Kilian-Paulin, installé à la Faculté de Grenoble, a enregistré une secousse sismique le 10 avril à $10^h 14' 27''$.

M. le Secrétaire général E. Van den Broeck fait excuser son absence.

Dons et envois reçus : 1° Périodiques nouveaux :

4669. Rouen. *Société des Amis des Sciences naturelles* (Bulletin), XVI (1880) à XXXVIII (1892).

4670. Madrid. *Real Sociedad española de Historia natural* (Memorias), II, 1903-1904.

4671. Madrid. *Real Sociedad española de Historia natural* (Bolletin), IV, 1904.

4672. Udine. *Circolo speleologico ed idrologico Friulano* (Mondo Sotterraneo), I, 1904, 1, 2 et 3.

4673. Brisbane. *Geological Survey of Queensland* (Publications). 177, 178 à 195 (1902-1904).

4674. Bruxelles, *Académie royale des Sciences de Belgique. Classe des Sciences.* (Mémoires in-4°.) I, 1904, 1, 2.

4675. Bruxelles. *Académie royale des Sciences de Belgique. Classe des Sciences.* (Mémoires in-8°.) I, 1904, 1, 2, 3.

2° Extraits des publications de la Société :

4676. **Dollo, L.** *Un nouvel opercule tympanique de* Plioplatecarpus, *Mosasaurien plongeur.* Mémoires de 1905. 7 pages et 1 planche.

4677. **Lagrange, E.** *Les stations sismiques de Quenast et de Frameries.* Procès-verbaux de 1904. 3 pages (2 exemplaires).

4678. **Stainier, X.** *Stratigraphie du bassin houiller de Liége. Première partie : Rive gauche de la Meuse.* Mémoires de 1905. 120 pages et 1 planche.

3° De la part des auteurs :

4679. ... *Relevé des explosions de grisou survenues dans les mines russes pendant la période 1901-1903.* Saint-Pétersbourg, 1904. Extrait in-4° de 7 pages.

4680. **Babor, J.-F.** *Die Weichthiere des Böhmischen Plistocaen und Holocaen.* Prague, 1904. Extrait in-8° de 78 pages et 30 figures.

4681. **Skotchinsky, A.**, et **Podkopaëff, N.** *Rapport préliminaire pour la recherche, dans le bassin du Donetz, de l'action produite par les gaz détonants dans les mines.*

4682. **d'Andrimont, R.** *Note préliminaire sur une nouvelle méthode pour étudier expérimentalement l'allure des nappes aquifères dans les terrains perméables en petit. Application aux nappes aquifères qui se trouvent en relation directe avec les eaux de la mer.* Liége, 1905. Extrait in-8° de 8 pages.

4683. **d'Andrimont, R.** *L'allure des nappes aquifères contenues dans des terrains perméables en petit, au voisinage de la mer. Résultat des recherches faites en Hollande, démontrant l'exactitude de la thèse soutenue par l'auteur, en ce qui concerne le littoral belge.* Liége, 1905. Extrait in-8° de 15 pages.

4684. **d'Andrimont, R.** *Note sur les conditions hydrologiques de la Campine.* Liége, 1905. Extrait in-8° de 13 pages (2 exemplaires).

4685. **Demangeon, A.** *La Picardie et les régions voisines : Artois, Cambrésis, Beauvaisis.* Paris, 1905. Volume in-8° de 496 pages, 19 planches et 42 figures.

4686. **Knapp, G.-Fr.** *Justus von Liebig nach dem Leben gezeichnet.* Munich, 1903. Extrait in-4° de 23 pages.

4687. **Knett, J.** *Mitteilungen der Erdbeben-Kommission der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien. Neue Folge. N° XVI : Vorläufiger Bericht über das Erzgebirgische Schwarmbeben 1903 vom 13. Februar bis 25. März, mit einem Anhang über die Nacherschütterungen bis Anfang Mai.* Vienne, 1903. Extrait in-8° de 27 pages et 1 planche.

4688. **von Kœnen, A.** *Ueber Wirkungen des Gebirgsdruckes im Untergrunde in tiefen Salzbergwerken.* Göttingen, 1905. Extrait in-8° de 18 pages et 2 planches.

4689. **Lœwinson-Lessing, F.** *Petrographische Untersuchungen im Centralen Kaukasus (Digorien und Balkarien).* Saint-Pétersbourg, 1905. Extrait in-8° de 44 pages et 5 planches.

4690. **Montessus de Ballore (F. de).** *Les relations sismico-géologiques de la Méditerranée antillienne.* Mexico, 1903. Extrait in-8° de 23 pages et 1 carte.

4691. **Montessus de Ballore (F. de).** *La Roumanie et la Bessarabie sismiques.* Bucarest, 1905. Extrait in-4° de 19 pages et 3 planches.

4692. **Smeysters, J.** *Note sur les troncs d'arbres fossiles découverts dans les travaux souterrains du charbonnage de Monceau-Bayemont, à Marchienne-au-Pont.* Bruxelles, 1905. Extrait in-8° de 12 pages et 10 figures.

4693. **Twelvetrees, W.-H.** *Report on Coal near George Town, and Slate Badger Head.* Hobart, 1904. Extrait in-8° de 10 pages et 2 cartes.

4694. **Twelvetrees, W.-H.** *The Progress of the Mineral Industry of Tasmania, for the quarter ending 30th September 1904.* Hobart, 1904. Extrait in-8° de 16 pages

4695. **Wohnig, K.** *Trachytische und andesitische Ergussgesteine vom Tepler Hochland.* Prague, 1904. Extrait in-8° de 24 pages et 1 planche.

4696. **Woldrich, J.-N.**, und **Woldrich, Jos.** *Geologische Studien aus Südböhmen. II. Das Wolynkathal im Böhmerval.* Prague, 1904. Extrait in-8° de 134 pages, 31 figures et 1 carte.

4697. **von Zittel, K.-A.** *Ueber wissenschaftliche Wahrheit.* Munich, 1902. Extrait in-4° de 14 pages.

4698. **Leriche, M.** *Sur les horizons paléontologiques du Landenien marin du Nord de la France.* Lille, 1903. Extrait in-8° de 14 pages.

4699. **Leriche, M.** *Le Lutétien de l'Avesnois : Sur un fossile nouveau* (Tortisipho Hufetieri) *du Lutétien de l'Avesnois.* Lille, 1904. Extrait in-8° de 7 pages.

4700. **Leriche, M.** *Observations sur la géologie de l'île de Wight.* Lille, 1905. Extrait in-8° de 27 pages.

4701. **Leriche, M.** *Sur l'âge des sables à Unios et Térédines des environs d'Epernay et sur la signification du terme Sparnacien.* Paris, 1904. Extrait in-8° de 3 pages.

Présentation d'un nouveau membre.

Mme Cosyns (présentée par MM. Cosyns et Engerrand) est nommée associée regnicole. M. *le Président* rappelle la participation des dames anglaises à l'excursion de la Société à Douvres et Folkestone en 1899, non comme simples touristes, mais comme vrais géologues pratiquants, solidement guêtrées, bonnes marcheuses, le marteau à la ceinture. La collaboration des dames est chose fort désirable en soi, et la Société sera toujours heureuse de pouvoir les inscrire sur sa liste des membres.

Communications.

Paléobotanique. *Exposition de coupes d'arbres silicifiés de l'Arizona.* — M. *le Président* appelle l'attention sur les spécimens que, à sa demande, MM. Thiel Brahm et C°, d'Anvers, ont bien voulu exposer, avec quelques photographies. Parmi les merveilles géologiques de l'Ouest américain, il n'est rien de plus curieux que ces arbres entièrement transformés en calcédoine; la plupart, en tombant, se sont brisés, mais il en est qui sont restés entiers et forment pont naturel au-dessus d'un ravinement. Il semble que l'imprégnation par la silice s'est faite quand l'arbre était encore sur pied, car autrement on ne pourrait pas expliquer comment, en tombant, le fût s'est brisé en tronçons par des cassures nettes. L'arbre resté entier doit être tombé sur un matelas de mousse ou d'arbustes, qui a amorti le choc. Des industriels entreprenants se sont mis à débiter ces arbres en tranches; les spécimens exposés montrent nettement la structure du bois, l'écorce, les rayons médullaires et sont fort décoratifs par la variété et la richesse des teintes, comme d'énormes agates polychromes. Mais le Gouvernement américain est intervenu pour arrêter ce trafic et conserver cette curiosité naturelle comme propriété nationale. De sorte qu'à la beauté artistique et à l'intérêt scientifique s'ajoute, pour les amateurs, la rareté commerciale. Mais les amateurs devront jouir d'une certaine aisance, car les prix varient de 500 à 800 francs selon les dimensions des pièces.

La parole est donnée ensuite à M. le Dr *Van de Wiele,* pour sa communication qui paraîtra *in-extenso* aux *Mémoires,* et que l'auteur a bien voulu résumer comme suit :

C. Van de Wiele. — **Les théories nouvelles de la formation des Alpes et l'influence tectonique des affaissements méditerranéens.** (Résumé.)

Les théories nouvelles de la formation des Alpes ont surtout en vue le déplacement horizontal des couches sédimentaires et autres et leurs plissements si compliqués. Parmi les géologues qui ont appliqué et perfectionné les conclusions des travaux de MM. Cornet et Briart sur le chevauchement du bassin houiller franco-belge, il convient de citer surtout M. Lugeon, professeur à l'Université de Lausanne, qui, par ses savantes études, a donné une impulsion nouvelle à la question si diffi-

cile de la tectonique des Alpes. Il a montré, d'accord avec beaucoup de géologues suisses et français, que les Préalpes ont été poussées en avant à la place qu'elles occupent actuellement et que ce mouvement gigantesque a pu se produire sur une couche de flysch. On sait que cette formation, d'âge oligocène, se rencontre en arrière et en avant des Préalpes, et, d'après M. Lugeon, la communication s'établirait en dessous d'elles sur toute la distance entre l'Arve et l'Aar. Il a étendu ensuite ces conclusions à la formation de la plus grande partie de la chaîne alpine. Des nappes provenant du bassin central des Alpes, situé derrière la zone cristalline, se sont avancées vers la périphérie, se recouvrant comme des coulées successives de lave. Ces nappes couchées, pendant leur trajet, ont suivi les ondulations de la surface des couches sous-jacentes, elles se sont plissées et relevées là où elles rencontraient des obstacles, formant alors des plissements compliqués, dont l'accumulation a donné naissance aux montagnes élevées de la chaîne. Malgré le temps géologique relativement court qui s'est écoulé depuis leur formation, l'érosion a enlevé une grande partie des nappes ainsi charriées, et celles-ci, continues d'abord, se sont divisées, ne laissant que des témoins séparés les uns des autres, et cette destruction est surtout marquée pour les nappes superficielles de la Brèche.

Selon que ces nappes s'enracinent dans la profondeur devant ou derrière la première zone alpine, c'est-à-dire la zone cristalline du mont Blanc, M. Lugeon distingue les nappes à racine externe des nappes à racine interne. Celles-ci, qui passent donc au-dessus de la zone cristalline, se recouvrent comme les tuiles d'un toit et forment la série des montagnes élevées qui s'étend depuis la Dent-du-Midi, en passant par les Diablerets, le mont Gond-Wildhorn, jusqu'au Wildstruebel. Devant cette zone des hautes Alpes calcaires, on trouve la zone du flysch du Niesen, que M. Lugeon distingue du flysch qui, passant sous les Préalpes, recouvertes elles-mêmes par le massif de la Brèche, vient apparaître au jour à la périphérie des Alpes, sur le bord du plateau suisse où s'est déposée la dernière formation alpine, la molasse, celle qui précède immédiatement la période de glaciation de cette chaîne. Ce sont les nappes à racine interne qui ont surtout été affectées par l'érosion, au point que pour la nappe superficielle, celle du massif de la Brèche, qui ne se trouve plus représentée que par des témoins assez éloignés les uns des autres, il n'est plus possible de les rattacher à leur racine respective.

M. Lugeon a ensuite étendu cette théorie à l'ensemble des Alpes et des Carpathes; mais, de ce côté, il a rencontré une vive opposition de

la part des géologues autrichiens et hongrois. Cependant, d'un autre côté, M. Heim s'est rallié aux vues de M. Lugeon, et en France, MM. Termier et Haug cherchent à les appliquer aux Alpes françaises, et récemment aussi à celles du Tyrol.

Pour expliquer la formation des nappes et leur poussée en avant, M. Lugeon invoque la force tangentielle, mais il convient de dire qu'il a surtout cherché à indiquer la constitution des différentes nappes et des rapports qu'elles présentent entre elles. Nous nous bornerons à constater que la théorie paraît satisfaisante pour les Alpes de la Suisse et les Alpes françaises, mais qu'elle devient d'une application plus difficile dès que l'on considère l'ensemble des Alpes. La force tangentielle invoquée aurait dû agir partout vers la périphérie, et, étant donnée la courbe compliquée formée par l'arc alpin, on ne voit pas bien ce qui aurait pu produire les changements de direction de la force tangentielle dans les différentes sections de cet arc.

Les travaux de M. Suess sont trop connus pour qu'il soit nécessaire de les exposer ici. On sait que les horsts cristallins qu'il a signalés autour de la chaîne alpine, et contre lesquels seraient venus buter les masses sédimentaires déposées dans la zone alpine, supposent le même mouvement tangentiel centrifuge, de sorte que nous rencontrons ici la même difficulté. Mais on peut renverser la direction de la force tangentielle, la supposer centripète et admettre que les masses cristallines de M. Suess, au lieu de servir de môle résistant, ont été, au contraire, les masses agissantes. Elles se sont rapprochées vers le centre de la zone alpine, plissant entre elles les masses sédimentaires et les soulevant. Mais pour mettre en mouvement ces masses énormes, il fallait une force, et la seule que l'on puisse invoquer, c'est la force de la pesanteur, qui entraîne les masses superficielles vers le centre de la Terre, à mesure que l'écorce terrestre se refroidit et se contracte.

Dans sa description magistrale, M. Suess nous a montré que les horsts se forment par l'effondrement des masses qui les entouraient. C'est dans les effondrements et les affaissements, dont nous rencontrons les traces tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de la chaîne alpine, que nous trouvons l'explication du mécanisme par lequel la force de la pesanteur et de la contraction de l'écorce terrestre a pu mettre en mouvement les masses cristallines de la périphérie, à la fois vers le centre de l'affaissement alpin et vers le centre de la Terre. Lorsque, guidés par ces considérations, nous étudions les dispositions stratigraphiques et tectoniques des Alpes, nous rencontrons d'abord la zone calcaire interne ou méridionale, chevauchant vers l'intérieur, mais

s'affaissant surtout vers la profondeur par une série de gradins concentriques. La zone cristalline médiane présente une série de bandes disposées parallèlement autour de l'affaissement. Mais il convient de signaler tout d'abord qu'il est possible de prouver que le bassin d'affaissement de la plaine du Pô a été double (l'affaissement du Piémont-Lombardie et l'affaissement vénitien) et qu'il faut tenir compte de l'arc double formé par le bord de l'affaissement double pour expliquer la disposition des bandes concentriques de la zone calcaire méridionale et de la partie interne de la zone cristalline. A partir de la bande cristalline du mont Blanc, la direction générale circonscrit l'ensemble des deux bassins, et il en est de même pour les bandes externes de la zone cristalline des Alpes orientales, et aussi pour la zone calcaire externe et la zone du flysch.

A l'extérieur de la zone cristalline, la zone calcaire externe ou périphérique présente une série de chevauchements en guirlande, dont l'ensemble garde le parallélisme décrit plus haut. Ces chevauchements vers l'extérieur ont pu se produire grâce à l'existence d'une zone d'affaissement périphérique, le géosynclinal périalpin qui séparait les masses alpines proprement dites des masses cristallines de la périphérie. Ces dernières ont été entraînées dans la profondeur vers le centre de l'affaissement alpin, grâce au vide formé par celui-ci pendant que les couches sédimentaires, qui s'étaient déposées à la surface, se sont portées vers le géosynclinal périalpin, qu'elles ont peu à peu comblé, par suite d'un mouvement en sens contraire du premier et superficiel à celui-ci.

Le mouvement des masses superficielles a donc été centrifuge, avec soulèvement consécutif, tandis que les masses cristallines suivaient une direction centripète à la fois vers le centre de l'affaissement et vers le centre de la Terre. Il semble, du reste, que ce n'est pas la totalité des masses cristallines qui a été entraînée. Si nous pouvons en juger d'après ce que nous savons des horsts cristallins, il y a plutôt effondrement de leur bord, d'où la formation du géosynclinal périalpin et descente vers le fond des masses détachées. Ce n'est que lorsque l'espace qui séparait les masses périphériques des masses centrales était devenu trop grand que le déplacement des premières vers les secondes est devenu possible, et celui-ci n'a pu se produire sans amener des complications qui se sont répercutées au loin et dont nous trouvons peut-être la trace dans la formation contemporaine de l'océan Atlantique.

Si nous passons aux Carpathes, nous trouvons encore des affaissements dans la plaine hongroise et un affaissement périphérique au

fond duquel le plissement de l'arc des Carpathes s'est effectué; mais à l'intérieur de celui-ci, on ne retrouve plus les chaînes de montagnes de la zone médiane des Alpes. Il y a bien des massifs isolés, mais ils n'affectent plus la disposition en zones parallèles si nettement tranchées à l'Occident.

Il y a encore la zone du flysch, à l'extérieur, qui devient très large au sommet de l'arc, et la zone calcaire méridionale, qui contourne l'affaissement adriatique. La distance qui sépare ces deux zones est beaucoup plus considérable, de sorte que nous avons une zone centrale très large où l'activité volcanique s'est manifestée sur de grandes surfaces, surtout vers le bord intérieur de la chaîne plissée. La plaine hongroise est formée par des terrains anciens, nivelés, recouverts par des formations tertiaires qui n'ont pas participé aux plissements de l'arc des Carpathes, et celui-ci est entouré à l'extérieur par une zone où le plissement fait également défaut. On voit donc que celui-ci s'est borné à la zone du synclinal, alors que les couches contemporaines, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur, sont restées à l'état de repos. Il y a plus. M. Uhlig nous montre que depuis le Permien, en passant par le Mésozoïque, jusqu'à la fin du Tertiaire, plusieurs synclinaux se sont succédé sur cette zone courbe, de l'intérieur vers l'extérieur, et que dans chacun de ces synclinaux, il y a eu plissement des couches sédimentaires correspondantes, alors que ces mêmes couches restaient au repos à l'intérieur. L'activité tectonique est donc restée limitée à la zone d'effondrement correspondant aux géosynclinaux qui s'y sont succédé depuis le Permien jusqu'au Pliocène. Ce plissement de la fin du Tertiaire s'est propagé graduellement vers l'extrémité de l'arc des Carpathes, là où celles-ci, par un angle brusque, passent aux Alpes de Transylvanie et où les couches sarmatiques et pontiques ont participé au plissement, alors qu'elles sont postérieures au plissement des Alpes proprement dites. La chaîne des Carpathes est donc d'autant plus récente que l'on se rapproche de son extrémité, et, disons-le en passant, la même observation s'applique aux Apennins.

Le plissement carpathique présente donc ce caractère spécial, qu'il est limité à la zone géosynclinale. A l'intérieur de l'arc, on retrouve, il est vrai, des montagnes formées par masses anciennes, schistes cristallins et calcaires paléozoïques et mésozoïques, combinés à des roches éruptives, mais la disposition de ces masses indique plutôt des massifs en voie d'effondrement que des chaînes de montagnes en formation. Il semble que l'intérieur de l'arc des Carpathes doive continuer son mouvement d'affaissement et qu'il faudra le dévelop-

pement d'une série de phases tectoniques si le mouvement alpin doit se prolonger dans cette direction.

La discussion est ouverte.

M. *le baron Greindl.* — Il serait très difficile de discuter ex-abrupto une communication aussi étendue que celle du docteur Van de Wiele. Le Secrétaire désire seulement apporter une contribution sur quelques points de détail. La description des Alpes orientales de Diener et la structure du Prättigau font songer, comme le dit de Lapparent, à une poussée des Alpes orientales contre les Alpes occidentales, poussée bien marquée par le grand étalement de la chaîne à la soudure de contact; ceci semble un argument en faveur de la théorie émise.

D'autre part, Diener signale aussi une zone de plis paléozoïques, qui, étroite au Sud du Gail, se termine évasée à l'Est dans les Karawanken; si nous la prolongeons par l'hypothétique massif serbo-croate, ne trouvons-nous pas là le horst interne dans la chaîne qui a amené la division des branches carpathique d'une part, dinarique de l'autre?

Une objection, sérieuse à première vue, lui semble être le fait que le massif de Bohême, loin de plonger vers les Alpes, est relevé de leur côté, de sorte que sa surface arasée présente des terrasses en gradins qui vont s'abaissant vers le Nord-Ouest, jusqu'à la grande faille de l'Erz-Gebirge, et de même le plateau primaire de Saxe plonge vers le Nord. Le bassin crétacé de l'Elbe et la structure actuelle du horst semblent donc indiquer qu'il a subi plusieurs fois d'énergiques poussées venant du Sud-Est.

Enfin, en 1895, notre éminent confrère M. Sacco a publié dans le *Bulletin* de la Société un article remarquable (1), où il démontre que l'effondrement piémontais est inexistant et que les plis alpins s'étendent en sous-sol jusqu'à la ligne Turin-Gênes, arrêtant net par la racine les plis des collines du Montferrat.

M. *Van de Wiele.* — Le fait que les massifs de la périphérie présentent leur extrémité la plus élevée du côté des Alpes me paraît dépendre, du moins pour le massif rhénan et pour le massif de Bohême, de ce que ceux-ci ont fait partie du système hercynien dont les plissements décrivent des courbes ouvertes au Nord et dont la pente la plus douce devait, par conséquent, être dirigée de ce côté, tandis que

(1) F. Sacco, *Les rapports géo-tectoniques entre les Alpes et les Apennins.* (Bull. de la Soc. belge de Géol., t. IX, 1895, *Mém.*, pp. 33-49, pl. II.)

la pente la plus abrupte regardera du côté Sud, là où les Alpes se sont formées postérieurement, grâce à l'effondrement périphérique du bord des arcs. Ceux-ci occupent, du reste, l'emplacement d'arcs hercyniens plus méridionaux que ceux que l'on a cités plus haut.

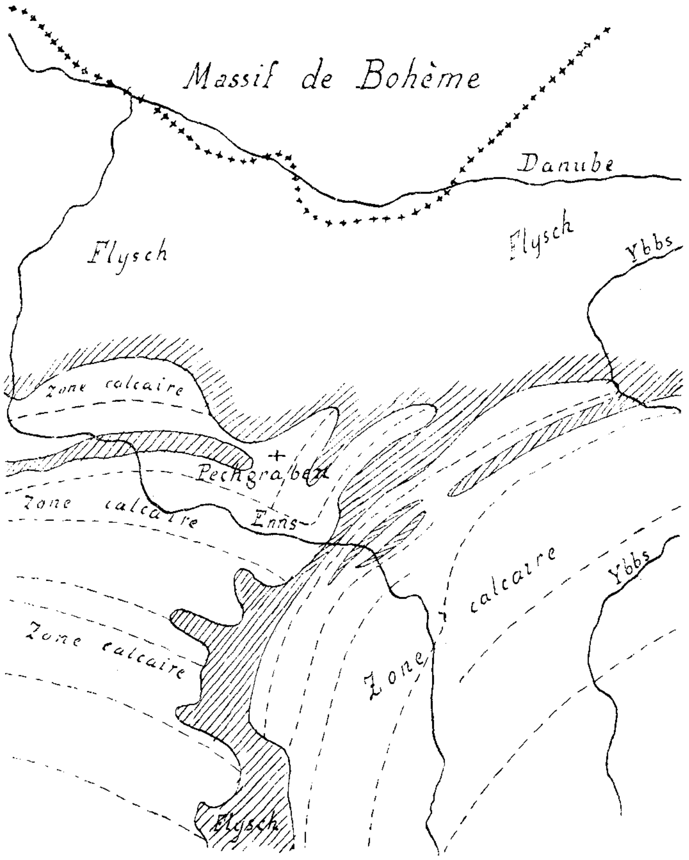
J'avais admis tacitement que les masses sédimentaires qui se sont disposées dans le géosynclinal périalpin ont été chevauchées en partie sur la surface des horsts périphériques, et c'est de cette façon que l'on a expliqué la forme convexe vers la périphérie de l'arc alpin, et cette explication paraîtrait surtout vraie pour la courbure si accentuée de l'arc des Carpathes. Mais déjà nous avons vu, par la coupure du Böthberg, que le plissement des couches mésozoïques et tertiaires cesse assez vite dès que l'on quitte la zone qui correspond au géosynclinal. D'un autre côté, si on étudie la disposition de l'arc des Carpathes dans le nouvel atlas de Stieler, on voit que les Carpathes orientales, qui auraient dû recouvrir la table podolique, sont presque tout à fait rectilignes et formées par une série de chaînons rectilignes et parallèles entre eux, ce qui ne donne pas l'idée d'une courte chevauchée. En outre, les coupes du livre de M. Uhlig montrent que le travail de plissement pour les couches tertiaires se limite à la zone géosynclinale, et qu'à l'intérieur et à l'extérieur de celle-ci, ces mêmes couches tertiaires ne présentent plus de plissements. Au cours des âges géologiques, les géosynclinaux et avec eux les couches sédimentaires contemporaines se sont succédé de l'intérieur vers l'extérieur, et il faut conclure que le plissement est toujours resté limité au géosynclinal correspondant.

Il faut donc remonter à la cause du synclinal pour expliquer le plissement, et il n'y a eu chevauchement vers l'extérieur que lorsque celui-ci était assez large et assez profond pour donner du champ au déplacement des masses plissées vers l'extérieur. Il y aurait lieu, d'un autre côté, de rechercher si le plissement des masses mésozoïques alpines n'a pas immédiatement suivi leur dépôt dans le synclinal, au fur et à mesure que celui-ci s'approfondissait et se modifiait. Les plissements si compliqués deviendraient ainsi beaucoup plus facilement explicables que par la « poussée tangentielle ».

Nous avons cherché la cause de la formation des géosynclinaux dans l'effondrement de fosses qui se formaient autour ou à l'intérieur des masses cristallines; nous savons, par l'étude de ces masses, que l'effondrement circulaire au centre se traduit sur les bords par des courbes rentrantes vers leur centre, et que celles-ci se succèdent avec le temps, élargissent la fosse tout autour du massif en même temps que les dépôts sédimentaires se suivent de l'extérieur vers l'intérieur du massif en voie d'effondrement périphérique.

Je viens de rencontrer dans le *Bulletin du Service géologique de Vienne* (*Verh. K. K. geol. Anstalt, Wien*), nos 17 et 18, 1904, un travail de M. Geyer qui jette un nouveau jour sur cette question.

J'ai déjà cité, d'après Diener, la ligne Rotenmann-Leoben-Semmering-Vienne, qui circonscrit le massif de Bohême et qui indique son influence jusque dans la zone médiane cristalline des Alpes orientales. M. Geyer rappelle qu'il y a sur le bord de séparation entre la zone du flysch et la zone calcaire périphérique, au point où la rivière Enns passe de l'une dans l'autre, un petit massif granitique long de 150 mètres seulement, le massif du Pechgraben, sur lequel on a élevé un monument à Léopold von Buch. Ce massif, par sa constitution pétrographique, montre à toute évidence qu'il se rattache au massif de Bohême.



INFLUENCE DU PECHGRABEN SUR LES PLISSEMENTS DE LA ZONE CALCAIRE, D'APRÈS GEYER.

Nous trouvons donc ici un témoin de ce massif en pleine zone géosynclinale, et M. Geyer, se basant sur des considérations stratigraphiques très démonstratives, le considère comme une klippe, qui a formé îlot

dans la mer liasique du géosynclinal et a persisté depuis lors au-dessus des dépôts des mers qui s'y sont succédé. Il montre, en outre, que devant le massif du Pechgraben, les plissements de la zone calcaire subissent une déviation à angle rentrant parallèle à la ligne citée plus haut. Il est vrai que Geyer considère cette disposition comme indiquant l'impossibilité d'un mouvement des masses calcaires dirigé au Nord, tandis que, de notre côté, de même que pour la ligne Rotenmann-Leoben-Semmering-Vienne, nous ne pouvons y voir que l'influence du massif périphérique dont le contour superficiel est parallèle aux deux côtés de l'angle que l'on constate dans les plissements de la zone calcaire et dans ceux de la partie de la zone cristalline.

On retrouve, du reste, d'autres témoins du massif de Bohême dans la zone du flysch. M. Suess lui-même a montré qu'il faut considérer le Waschberg, près de Stockerau, sur le bord périphérique de la zone du flysch, comme le pilier Sud-Est extrême du massif de Bohême, et M. O. Abel a signalé que la klippe de Nikolsburg, située beaucoup plus loin au Nord-Est, repose sur un socle de granit rouge analogue à celui du massif principal.

Nous croyons donc pouvoir admettre que les massifs périphériques, tout autant que celui du massif de Bohême, se continuent non seulement sous le géosynclinal, mais s'étendent au loin dans la zone alpine. Il est vrai que le massif de Bohême serre de très près en superficie la zone du flysch, qui, par cela même, se trouve bien plus resserrée qu'à l'Est et à l'Ouest, et des deux côtés la fosse d'effondrement s'est trouvée beaucoup plus large; mais on rencontre encore tout le long des Alpes des traces de son bord interne ou central, sous forme de blocs exotiques, cristallins, associés souvent à des roches éruptives, et que M. Günbel avait attribués à la chaîne vindelicienne, conception qui a sombré devant les théories nouvelles de la formation des Alpes.

G. Simoens. — Sur les effondrements et les plissements.

Ce qui m'a surtout frappé lors de l'intéressante communication de M. Van de Wiele, c'est la tendance à vouloir individualiser les différents tronçons montagneux de ce que nous avons coutume d'appeler la *chaîne alpine*.

Tout le monde est aujourd'hui d'accord pour admettre le principe de la continuité des mouvements tectoniques qui ont donné naissance aux grandes chaînes de montagnes et qui, pour la chaîne alpine, se sont complétés vers la fin du Tertiaire.

Une première tentative en vue du raccordement des différentes

montagnes a été faite par Élie de Beaumont; mais, à son époque, la tectonique n'avait pas encore réalisé ses progrès et la théorie du géologue français, trop artificielle, dut être abandonnée.

Vers 1885, M. E. Suess est arrivé, en synthétisant les travaux de ses devanciers, à présenter une notion nouvelle de la continuité des chaînons montagneux de même âge. Ce principe se distingue tout d'abord de celui d'Élie de Beaumont par ce fait que le savant géologue viennois abandonne définitivement l'idée préconçue du dessin géométrique qui avait, dans la pensée du savant français, pris une place prépondérante.

M. Suess admet, et je pense que la plupart d'entre nous partagent cette opinion, que la contraction du sphéroïde terrestre amène, à certaines époques de son histoire, le plissement des géosynclinaux où se sont accumulés, pendant de longues périodes, des masses sédimentaires. La résultante de ces affaissements se traduit alors par des déplacements horizontaux et le déversement des plis qui, sous forme de charriages, ont été si bien mis en lumière par M. Marcel Bertrand et ses continuateurs.

Mais avec M. Suess apparaît aussi cette notion nouvelle de l'irrégularité de la chaîne, déterminée par les obstacles qui s'opposent à sa libre propagation. Ces obstacles ou horsts ne sont autre chose que les fragments résistants des chaînes antérieures qui, formant butoirs, obligent la chaîne à les contourner et à se tordre fréquemment sur elle-même, surtout lorsque les horsts sont rapprochés les uns des autres, comme c'est précisément le cas en Europe pour la chaîne alpine.

Les relations qui existent entre la nature des sédiments, l'âge des plissements et la direction de plis des différents fragments de la chaîne antérieure amènent également à assigner une unité d'origine à cette chaîne, que nous appelons hercynienne avec M. Marcel Bertrand.

Mais la direction de cette chaîne paraît déterminée à son tour par des horsts qui ne sont que des fragments d'une cordillère encore plus ancienne et qualifiée par M. Suess de calédonienne.

J'ai moi-même déterminé l'existence d'un de ces horsts et montré comment, dans son parcours à travers la Belgique, la chaîne hercynienne est forcée de s'incurver en contournant un fragment de la chaîne calédonienne, auquel j'ai donné le nom de horst du Brabant.

J'ai par là établi une analogie de plus entre la chaîne hercynienne et la chaîne alpine, et plaidé ainsi, bien faiblement, je le reconnais, l'unité *respective* de ces systèmes.

L'analogie que nous remarquons entre ces systèmes montagneux

successifs et leur localisation régulière au Sud de la chaîne antérieure nous force aussi à admettre l'unité de la chaîne la plus récente et la mieux connue, la chaîne alpine.

Je suis porté à croire que ce n'est pas l'arrière-pays qui a refoulé la chaîne, mais bien l'avant-pays qui s'est déplacé davantage en s'affaissant, le seul déplacement possible si l'on généralise le problème, en admettant que le mouvement latéral soit le résultat d'un mouvement vertical. Alors on s'explique comment la chaîne se trouve plus sensiblement plissée, écrasée et déversée vers l'avant-pays, qui, en s'affaissant davantage, a provoqué la poussée au vide.

Il y a lieu cependant de ne pas confondre ici avant-pays et horst. Si l'avant-pays s'affaisse, il peut y avoir des fragments de celui-ci qui restent debout ou qui descendent moins complètement; on trouvera alors, entre deux horsts limités souvent par des fractures, une partie de l'écorce terrestre plus effondrée. Les horsts devront constituer alors des obstacles d'autant plus sérieux qu'autour d'eux l'effondrement général aura réalisé un appel plus énergique des plis. J'ai eu l'occasion à différentes reprises, au cours de mes travaux antérieurs, d'invoquer cette manière de voir.

Je pourrais m'étendre davantage sur cet intéressant sujet et rappeler l'association que l'on a tenté d'établir dans ces derniers temps entre la nature des roches éruptives et les chaînes successives localisées de plus en plus au Sud, tout au moins pour l'hémisphère Nord.

Il en est de même pour les venues métallifères, qui paraissent être en relation avec les différents systèmes plissés, ce qui fait que l'on peut ainsi essayer d'esquisser l'histoire des éruptions et des venues métallifères des chaînes huronienne, calédonienne, hercynienne et alpine.

Il me paraît dès lors difficile d'admettre, avec M. Van de Wiele, une différenciation au point de vue originaire entre les tronçons de la chaîne des Alpes, tronçons qui présenteraient chacun une évolution particulière.

M. Van de Wiele a émis une autre idée, qui paraît être la conclusion de son intéressant travail. Notre confrère considère les effondrements qui se trouvent échelonnés le plus souvent en arrière des chaînes de montagnes comme la cause même du plissement.

Pour admettre cette manière de voir, il faudrait reconnaître au préalable, étant donnée la continuité de la chaîne, la continuité des effondrements; or cette notion semble peu conciliable avec ce que nous savons des bassins d'effondrement, qui paraissent au contraire très localisés et peu étendus suivant une direction linéaire.

Il importe cependant, avant de pénétrer plus avant dans ce débat, de préciser les données du problème. Si M. Van de Wiele pense que l'effondrement généralement localisé dans l'arrière-pays est la cause initiale du plissement de la chaîne et du déversement de ses plis sur ou contre l'avant-pays, alors je ne puis admettre l'interprétation de mon savant confrère pour les raisons suivantes :

1° Les régions effondrées sont généralement limitées par des failles, et dès lors ces dernières constituent des solutions de continuité quant au mouvement;

2° L'effondrement de l'arrière-pays peut être considéré comme un phénomène vertical et le plissement de la chaîne comme un phénomène de compression latérale, et il devrait y avoir passage insensible entre ces deux modes de mouvement en passant de la région effondrée à la région plissée, ce qui n'est généralement pas le cas;

3° L'effondrement de l'arrière-pays, s'il était la cause du plissement, devrait constituer un appel des plis vers la région effondrée;

4° Le rôle de l'avant-pays ne s'expliquerait plus, attendu que les plis appelés vers la région effondrée, c'est-à-dire vers l'intérieur de la chaîne, auraient une tendance à s'éloigner de l'avant-pays au lieu de s'y déverser ou de s'y écraser, comme c'est fréquemment le cas dans la chaîne des Alpes, pour ne parler que de celle-là;

5° Si l'effondrement vertical de l'intérieur de la chaîne était la cause du plissement, il ne pourrait l'être que par suite d'un déplacement de la matière fluide refoulée par la descente de l'arrière-pays et en vertu du principe des vases communicants. Les montagnes deviendraient le résultat d'une poussée des matières fluides et l'on reviendrait ainsi d'une manière détournée à la théorie des cratères de soulèvement d'Élie de Beaumont. Or, tous les géologues paraissent aujourd'hui d'accord pour admettre que jamais les matières fluides internes n'ont joué dans la constitution des chaînes de montagnes un rôle actif, le déplacement des matières fluides étant au contraire, dans ses grandes lignes, le résultat du plissement même;

6° Si l'effondrement de l'arrière-pays avait causé le soulèvement de la chaîne par suite d'un déplacement des matières fluides internes, ces dernières auraient été impuissantes à amener le déversement des plis dans une direction déterminée et elles n'auraient jamais provoqué les phénomènes de charriage dont la présence est aujourd'hui reconnue dans la plupart des chaînes de montagnes, aussi bien calédonienne et hercynienne qu'alpine;

7° Loin de provoquer le plissement, l'effondrement de l'arrière-pays

paraît, au contraire, intéresser un lambeau de la chaîne; c'est ce qui fait dire que la plupart des grandes chaînes sont dissymétriques;

8° Si cet effondrement n'était pas réalisé aux dépens d'une partie de la chaîne elle-même et après consolidation des masses éruptives centrales, si donc l'effondrement était antérieur à la chaîne plissée et dissymétrique, les roches éruptives qui constituent le centre de la chaîne auraient une tendance à se déverser sur la région effondrée et n'auraient pas constitué, comme dans certains cas, une muraille qui fait face à la plaine;

9° Les régions effondrées n'ont pu provoquer la surrection des montagnes voisines, car il semble que les effondrements limitant une région montagneuse provoquent l'éruption de matières volcaniques, qui donnent alors naissance à des volcans se greffant au sommet ou sur le bord de la chaîne. Leur relation avec l'effondrement voisin étant acquise, tout au moins pour certains d'entre eux, il est impossible de voir une relation de cause à effet entre l'effondrement et la surrection de la chaîne elle-même;

10° Il est deux sortes d'effondrements : *a*) ceux qui intéressent une chaîne déterminée et qui sont fonction de la chaîne elle-même et dont nous venons de parler; *b*) ceux qui sont indépendants de cette chaîne et qui dès lors sont en dehors de son action; à plus forte raison, ces derniers sont ils hors de cause dans la question qui nous occupe.

Je pense donc qu'il est difficile d'admettre les effondrements généralement localisés dans l'arrière-pays de la chaîne alpine pour expliquer la surrection de la chaîne elle-même. Est-ce à dire cependant que la chaîne des Alpes, comme toutes les chaînes de montagnes, n'est pas due à un mouvement général d'affaissement de la lithosphère. Évidemment non.

M. Suess admet que « les dislocations visibles de l'écorce terrestre sont le produit des mouvements résultant de la diminution du volume de notre planète. Les efforts développés, dit-il, par l'effet de ce phénomène tendent à se décomposer en efforts tangentiels et en efforts radiaux et, par la suite, en mouvements horizontaux (c'est-à-dire en poussées et en plissements); il y a donc lieu de diviser les dislocations en deux groupes principaux, suivant que les déplacements relatifs de portions primitivement contiguës de l'écorce terrestre ont eu lieu dans un sens plus ou moins horizontal ou dans un sens plus ou moins vertical. »

En 1900, après avoir remarqué que M. Suess semblait attacher à ces deux mouvements une égale valeur, j'ai essayé de subordonner les

mouvements horizontaux, c'est-à-dire les plissements, aux mouvements verticaux, c'est-à-dire aux affaissements. J'ai admis alors : « 1° une force centripète provoquant des chutes verticales; 2° des poussées tangentielles qui ne sont que des mouvements secondaires ou plus simplement les effets multiples de l'action de descente sur des masses rigides et hétérogènes (1) ».

Telle ne paraît pas être la conception de M. Van de Wiele; notre savant confrère ne rattache pas la formation de la chaîne plissée à un affaissement général de la lithosphère, mais bien à des effondrements locaux qui ne sont pour la plupart des géologues que des accidents secondaires et consécutifs à la formation de la chaîne elle-même.

Néanmoins, au point de vue théorique, la thèse de notre sympathique confrère est à retenir, puisqu'il subordonne, comme je l'ai fait moi-même, la production de la chaîne à des affaissements; ces affaissement sont locaux pour M. Van de Wiele; ils sont généraux pour moi, en ce sens qu'ils s'étendent à une portion considérable de l'écorce terrestre intéressant aussi bien la chaîne elle-même que ses avant- et arrière-pays.

Dans un livre intéressant, M. de Launay vient récemment de préciser encore la genèse des chaînes de montagnes en recherchant les relations qui existent entre celles-ci et les régions qui leur sont limitrophes. Il admet que la chaîne plissée est due à l'écrasement latéral des roches sédimentaires situées entre deux massifs résistants, qui ne sont autres que l'avant et l'arrière-pays. Ces massifs cheminant l'un vers l'autre, l'inclinaison des plis serait déterminée par la vitesse plus grande tantôt de l'une, tantôt de l'autre de ces masses. Je me permettrai de rappeler que notre estimé confrère M. W. Prinz a, dans un travail antérieur, invoqué ces masses qui au Nord et au Sud semblent avoir écrasé la région méditerranéenne comme entre les deux mâchoires d'un gigantesque étau.

Cependant M. de Launay reconnaît aussi qu'en dernière analyse ces phénomènes se rattachent à la contraction de la croûte terrestre.

Pourtant, il m'est difficile de se représenter comment la propagation horizontale plus rapide de l'arrière-pays pourrait renverser la chaîne dans la direction de l'avant-pays. Le savant professeur de Paris ne s'écarte-t-il pas du principe sur lequel je viens encore d'attirer l'attention, qui subordonne le plissement à l'affaissement et qui considère

(1) *La faille d'Haversin.* (BULL. DE LA SOC. BELGE DE GÉOL., DE PALÉONTOL. ET D'HYDROL., 1900, t. XIV, *Mém.*, p. 25.)

la chaîne elle-même comme un phénomène secondaire dépendant de l'effondrement général, quoique inégal, d'une portion notable de la lithosphère?

C'est le massif rigide de l'arrière-pays qui, d'après M. de Launay, se serait déplacé plus rapidement et aurait refoulé la chaîne; mais ce déplacement horizontal plus considérable implique fatalement, comme nous venons de le dire, un affaissement plus prononcé relatif à celui de l'avant-pays. Cet affaissement plus considérable de l'arrière-pays admis, on peut en inférer une poussée plus sensible; mais nous pensons que la conclusion naturelle qui se dégage de cet état de choses sera un plissement plus exagéré du côté de l'arrière-pays qui s'est particulièrement déplacé, et les plis doivent alors fatalement se déverser sur le voussoir plus effondré. Or, c'est le contraire qui s'observe généralement dans la chaîne des Alpes et même, comme je l'ai indiqué, dans la chaîne hercynienne. Dans ces régions, en effet, c'est sur l'avant-pays que les chaînes se sont écrasées et déversées.

Résumons ces quelques considérations :

1° M. Suess admet les deux genres de mouvements verticaux et horizontaux qui résultent tous deux de la contraction de l'écorce terrestre; il regarde les régions effondrées qui constituent l'arrière-pays des chaînes plissées comme des phénomènes résultant du plissement;

2° Ce sont ces affaissements que M. Van de Wiele considère comme ayant provoqué le plissement; j'ai donné plus haut les raisons qui empêchent d'admettre cette manière de voir;

3° J'ai admis les idées du savant professeur de Vienne, en insistant sur l'importance plus grande qu'il fallait attacher aux mouvements verticaux, et j'ai montré les phénomènes horizontaux ou de plissement comme étant secondaires et subordonnés aux mouvements verticaux. Théoriquement, je pourrais admettre les idées que vient d'exposer M. Van de Wiele, s'il ne cherchait ses affaissements initiaux dans les régions plissées mêmes, ce qui me paraît inacceptable;

4° M. de Launay, à son tour, subordonne, comme M. Suess, les mouvements horizontaux, c'est-à-dire les plissements, à la contraction de la lithosphère; considérant une chaîne déterminée, il admet que le plissement résulte de la propagation l'un vers l'autre des avant et arrière-pays résistants; ce déplacement latéral résultant lui-même du rapprochement de la lithosphère du centre du sphéroïde, il admet, pour expliquer le déversement des plis sur l'avant-pays, la propagation plus rapide de l'arrière-pays;

5° Mais si l'on se rappelle qu'en dernière analyse ce déplacement plus rapide équivaut à une descente plus sensible, c'est le phénomène contraire qui devrait en résulter. Or, comme tout ce qui se présenterait dans ce cas du côté de l'arrière-pays se voit précisément de l'autre côté de la chaîne, je suis porté à croire que c'est l'avant-pays qui s'est affaissé d'une manière plus sensible par rapport à l'arrière-pays, et comme ce dernier ne pouvait rester debout indéfiniment, il s'est effondré à son tour, mais beaucoup plus tard, et après la formation de la chaîne dont il a entraîné une portion dans les profondeurs. Je me réserve de reprendre la question après la lecture du mémoire de mon savant confrère.

M. *le Président* fait remarquer que l'attention soutenue prêtée à M. le Dr Van de Wiele et la discussion sérieuse qui s'est produite sont la meilleure preuve du grand intérêt de sa communication. Comme l'a fort bien observé M. Simoens, la nouvelle théorie est en beaucoup de points le contre-pied des idées généralement admises et qui tendaient à passer à l'état de dogmes. La hauteur vertigineuse des montagnes est le fait le plus frappant, non seulement pour le vulgaire touriste, mais aussi, dans une certaine mesure, pour le savant, et les géologues ne parlent toujours que du soulèvement des montagnes; M. Van de Wiele part de l'affaissement comme action primordiale et considère les ridements saillants comme une conséquence. Au milieu des masses plastiques et mobiles que les géologues font se contourner et se plisser, ils avaient quelques points fixes, les horsts invulnérables, arrêtant net, comme de gigantesques butoirs, de gigantesques mouvements : M. Van de Wiele mobilise ces horsts et leur fait exécuter une manœuvre de stratégie concentrique et enveloppante.

Un tel renversement des idées reçues n'ira pas sans discussion, comme le prouvent déjà dès ce soir les judicieuses observations de MM. Greindl et Simoens; mais la science ne pourra qu'y gagner. La théorie exposée par M. Van de Wiele est en tout cas basée sur une profonde érudition, et la séance de ce soir serait d'un haut intérêt, ne fût-ce que par le résumé si clair d'un grand nombre de travaux des plus importants. Ces travaux, isolés et distincts, pas toujours concordants et parfois contradictoires, sont réunis ici en une synthèse, qui les complète et les explique les uns par les autres; et il est singulier que le principal pourvoyeur des arguments les plus frappants soit un auteur fort sceptique à l'égard de toutes les théories, faisant profession de s'en tenir uniquement aux faits. Mais au point de vue concret, tous

les faits se valent. Ce qui leur donne toutefois une importance si différente, c'est que quelques-uns peuvent être utilisés pour la solution d'un grand problème scientifique, ayant, en somme, une portée théorique.

Le caractère d'une bonne théorie, c'est d'établir un lien logique entre le plus grand nombre possible de faits auparavant distincts, en les considérant tous comme les conséquences d'un seul principe. Ce principe doit être simple et inattaquable. Or, la base de toutes les notions de tectonique ne peut être que le rétrécissement de la croûte solide, son affaissement graduel pour suivre la contraction du noyau liquide se refroidissant. Ce principe n'a été dénié par personne, et M. Van de Wiele ne prétend pas l'avoir découvert. Mais ce principe est souvent quelque peu perdu de vue dans la pratique; le mérite du travail actuel consiste précisément à le mettre mieux en lumière, à le poursuivre avec une logique inexorable, sans se laisser distraire par des phénomènes accessoires plus frappants, et à l'avoir fait servir à donner une interprétation rationnelle d'une des régions les plus intéressantes, sur laquelle s'est exercée la sagacité des savants les plus renommés.

Vu l'heure avancée et dans le but de ne pas devoir écourter ni le travail en lui-même ni la discussion qui paraît devoir le suivre, sur la proposition de M. *le Président*, l'assemblée décide de remettre à la prochaine séance la communication de M. Simoens.

La séance est levée à 10 heures 15.

ANNEXE A LA SÉANCE DU 18 AVRIL 1905.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE

La science géologique. — Ses méthodes, ses résultats, ses problèmes, son histoire, par L. de Launay, *ingénieur en chef des mines,* 1 vol. in-8° de 747 pages, 53 figures et 5 planches hors texte. Librairie Armand Colin; prix : 20 francs.

Le magnifique ouvrage que M. de Launay vient de faire paraître sera lu avec avidité par tous les géologues qui, au delà du fait précis, de la monographie patiente et minutieuse, aiment à envisager les grandes lignes de l'histoire de la Terre et à scruter le bien fondé des hypothèses sur lesquelles est échafaudée notre conception actuelle du globe.

L'illustre ingénieur et professeur nous rend le service d'exposer magistralement, en quelque sorte, la philosophie de la géologie avec un judicieux esprit critique et une largeur remarquable de vues, et réalise, sur un plan des plus complets, pour toutes les parties de notre science, ce dont Huxley nous avait donné un aperçu dans son ouvrage : *Les problèmes de la géologie et de la paléontologie.* C'est à ce petit livre charmant que nous songions constamment en analysant le gros volume formé par *La science géologique :* la méthode est la même; on y respire le même souci, le même désir loyal de toujours distinguer le fait acquis de l'hypothèse; on y retrouve aussi cette hardiesse de pensée, ce désir de science, qui poussent à émettre une hypothèse nouvelle. Plus d'une fois, en effet, les synthèses de l'auteur l'amènent à jeter une passerelle audacieuse par-dessus l'abîme qui sépare deux chapitres de la géologie, et c'est avec un peu d'effroi qu'on le suit sur les échafaudages fragiles de notre splendide bâtiment encore en construction.

Cette promenade aérienne sera une révélation pour plusieurs d'entre nous : tant de corrélations imprévues y sont indiquées, par exemple, entre la minéralogie et la tectonique; tant d'aperçus ingénieux sont fournis sur les résultats qu'on peut espérer du progrès de la science;

l'aide réciproque que la géologie et les sciences physiques et naturelles voisines peuvent se prêter est si fréquemment étudiée sous un jour nouveau, que nous pouvons espérer que les futurs géologues trouveront là de multiples sujets de thèses et d'études faisant progresser la science.

Une autre impression d'ensemble se dégage de l'ouvrage : c'est que la science géologique, quoique si nouvelle, est solidement fondée; œuvre de nombreux spécialistes qui scrutaient les faits en s'ignorant le plus souvent les uns les autres, qui s'enfermaient soit dans la minéralogie, soit dans la stratigraphie, soit encore dans la paléontologie, sans se soucier le plus souvent des conséquences générales de leurs travaux; œuvre de fourmis laborieuses, le monument géologique n'est pas une fourmilière informe; il se dresse majestueusement, et la pureté de ses lignes montre combien les soubassements ont été bien compris.

L'auteur a dû naturellement faire quelques sacrifices pour réaliser en un seul ouvrage, tout volumineux qu'il soit, un plan aussi grandiose. Il a délibérément supprimé toutes les indications pratiques, toutes les descriptions des couches et accidents du terrain nécessaires pour faire de la géologie; il en prend cependant les conclusions, nous renvoyant pour plus ample informé soit aux descriptions régionales, soit aux traités spéciaux, soit aux monographies, soit à ses nombreuses études personnelles sur les gîtes métallifères.

Les gîtes métallifères constituent la spécialité de M. de Launay; aussi, au lieu d'être relégués, comme d'habitude, dans un chapitre spécial, que lisent seuls les initiés, ils s'injectent en filons, se répandent en laccolithes, s'insinuent partout dans son livre. Nulle part nous n'avons vu aussi bien mettre en lumière les relations intimes qui existent entre les dislocations de l'écorce et les gîtes minéraux. Parmi beaucoup d'idées neuves, c'est évidemment la plus saillante de l'ouvrage.

La première partie, formant à peu près la moitié du livre, est consacrée à l'analyse de la méthode géologique. Comme il est naturel, on y trouve un long historique (plus de cinquante pages), poussé rigoureusement jusqu'à nos jours; un curieux tableau le termine : c'est celui des dates principales de la science géologique depuis la fin du XVIIIe siècle; avec regret nous constatons que l'apparition de la carte de d'Omalius d'Halloy, en 1822, n'y est pas signalée; d'autre part, les ouvrages cités sont très inégaux de valeur, en tant qu'ayant servi au progrès de la science; nous manquons évidemment de recul pour juger l'œuvre contemporaine. Au chapitre IV sont passés en revue les points pour lesquels le géologue peut faire appel aux lumières du physicien et de l'astronome : forme de la Terre, étude de la gravité par le pendule,

étude du degré géothermique, anomalies du magnétisme; puis nous passons (chap. V) à des notions de minéralogie et de pétrographie, destinées seulement, bien entendu, à nous initier aux procédés usités pour ces études, ainsi qu'aux derniers résultats des synthèses expérimentales des roches ignées.

Les principes sur lesquels doit reposer la chronologie sédimentaire (chap. VI) ont toujours préoccupé particulièrement les géologues belges depuis la célèbre discussion académique de 1847, où de Koninck défendit la méthode paléontologique contre l'illustre A. Dumont, qui, lui, préférait la méthode stratigraphique; aussi goûteront-ils spécialement la critique serrée que fait l'auteur de ces deux méthodes; d'une part, la notion du transformisme et de la continuité de la vie, de l'autre, les notions de facies variés contemporains ont évidemment renouvelé le problème. Nous ne pouvons résister au désir de montrer la prudence qu'il faut apporter dans les études, par la citation d'une partie d'un tableau qui termine cette discussion (p. 219).

PRINCIPES FONDAMENTAUX (*de la stratigraphie*) MAIS APPROXIMATIFS.	RESTRICTIONS.
1. Un sédiment marin s'est déposé à peu près horizontalement et présente une extension pratiquement indéfinie.	1. Les sédiments littoraux peuvent présenter des pentes atteignant 30° ou 40°, parfois même plus, en étendue; ils ont tous une forme lenticulaire assez restreinte en étendue. Il n'est pas exact, non plus, que le sol ait été toujours nivelé par abrasion marine avant le dépôt d'un sédiment nouveau.
. . . .	. . . .
6. L'âge d'une couche est déterminé par un fossile ou par une faune fossile.	6. Un fossile est, en principe, absolument insuffisant, car il peut être d'une faune à évolution lente. Une faune même peut induire en erreur, car elle peut caractériser surtout un facies ou une profondeur d'eau, plus encore qu'un âge ; elle pourrait même, théoriquement, quoique le cas semble rare en pratique, correspondre à une colonie retardataire ou avancée.
. . . .	. . . .

14. Les séparations entre les grandes périodes géologiques sont marquées par des mouvements généraux de la mer, caractérisés par des transgressions de dépôts marins sur les continents antérieurement émergés.

14. Ces mouvements sont tous plus ou moins localisés; il a dû y avoir, presque toujours, simplement bascule : la mer s'est reportée d'un point à un autre; la transgression d'une région paraît le plus souvent concomitante d'une régression ailleurs. En outre, ces mouvements sont très loin d'être instantanés et, partant, simultanés, mais se sont étendus sur de très longues périodes. Ils sont à la fois fonctions de l'espace et du temps.

Une lacune dans ce chapitre, qui nous semble bizarre, c'est l'absence absolue de toute mention du cycle sédimentaire de MM. Rutot et Van den Broeck, dont l'application à notre Carte géologique aurait pu faire espérer que le retentissement de cette notion précieuse s'étendrait au loin.

Les éléments de la tectonique forment le chapitre VII; on y trouve des définitions précises des plis élémentaires montagneux, mais les failles normales sont bien écourtées; il eût été si intéressant de voir l'auteur discuter ce qu'elles peuvent devenir en profondeur. Avec plus de raison, à notre avis, l'auteur écourte aussi le sujet des cartes paléogéographiques : il règne encore tant d'incertitudes, le synchronisme, tel qu'on l'entend lorsqu'on embrasse de larges espaces, embrasse aussi de telles durées de temps qu'il est illusoire de tracer des instantanés, ne fût-ce que d'une ligne de rivage. Quel espoir peut-on avoir dès lors d'arriver jamais à la reconstitution des reliefs d'un continent par la flore, des profondeurs bathymétriques par la faune, etc.? Autant ces croquis sont utiles à titre de repères, autant nous devons nous ancrer dans l'idée qu'ils ne sont qu'une approximation très grossière, sans grande chance d'arriver jamais à la perfection.

Sous le nom de *Métallogénie*, nouveau vocable proposé par M. de Launay pour désigner la science des gîtes métallifères, nous trouvons le très intéressant chapitre IX, où sont étudiées, après un historique particulier, justifié par l'isolement habituel de cette science, les « lois qui ont présidé à la répartition, à l'association ou à la séparation des éléments chimiques dans les parties abordables de l'écorce terrestre ». Il ne s'agit, encore une fois, que de méthodes pour aborder le problème; mais combien intéressantes sont les considérations relatives aux sources

thermales, ou encore aux formations contemporaines d'oxydes et sulfures de fer, de phosphates, nitrates, etc. !

La première partie de l'ouvrage se termine par un chapitre intitulé d'une façon énigmatique : « La géologie en action », ce qui veut dire étude des agents de la dynamique externe et interne et de leurs effets, dans notre langage ordinaire. Un paragraphe très étendu et très nouveau est celui dans lequel l'auteur expose ses vues au sujet du métamorphisme et des altérations au voisinage de la surface; de même l'érosion et la sédimentation sont envisagées au point de vue de leurs conséquences sur la métallogénie. Enfin, le chapitre comprend un dernier paragraphe relatif aux déplacements lents de l'écorce et aux phénomènes sismiques.

Bien qu'il y ait quelques nouveautés dans cette première partie, chacun y reconnaît, dans un ordre un peu différent, ce qu'on est convenu d'appeler les éléments de la géologie, traités avec le désir de nous faire saisir en quoi ils peuvent contribuer à l'étude de l'histoire de notre globe. Dans la deuxième partie, l'auteur groupe les études patiemment faites pour résoudre les problèmes que soulève cette histoire, et cherche à nous la donner, le plus brièvement possible, successivement à quelques points de vue spéciaux.

C'est une grande originalité à cet égard que de débuter par l'orogénie (chap. XI) (on souhaiterait en ce point quelques figures, car la question est obscure); l'auteur a fort bien résumé les idées de l'école française, basées sur l'étude des Alpes, et qu'il sera bien intéressant de voir soumises à l'épreuve de l'explication d'autres systèmes montagneux. Trois planches illustrent l'histoire des plissements de l'hémisphère boréal, le seul suffisamment connu actuellement; la première est une carte générale des zones de plissement dans cet hémisphère, que l'on voit se grouper concentriquement autour du pôle (l'auteur n'a pas osé, comme M. Haug, faire la liaison des chaînes du Maroc à celles du Vénézuéla, ce qui eût rendu l'image encore plus frappante); une seconde nous donne les plis asiatiques à une échelle un peu trop réduite; la troisième donne l'interprétation de l'auteur des plissements de l'Europe centrale et des plis circum-méditerranéens. Certaines jonctions nous y semblent un peu osées; telle celle des Pyrénées au mont Ventoux, ou de la chaîne des Alpes maritimes, à travers la Corse et la Sardaigne, à un pli hypothétique parallèle à la côte algérienne. Ce ne sont certes pas là des résultats acquis. On est de même étonné de voir certains plis de la Meseta ibérique prolongés directement par les plis tertiaires à l'Est. D'autre part, on ne voit pas pourquoi les petits massifs des

Maures et de l'Estérel ont été négligés; ils sont incontestablement d'un autre âge que les plis tertiaires, doivent avoir appartenu à une région plissée plus étendue et doivent, quelle que soit l'hypothèse qu'on adopte, influencer les traits de raccordement, à travers la Méditerranée occidentale.

Le chapitre XII : « Les résultats de la paléogéographie. L'évolution progressive des continents et des mers et ses récurrences » donne les résultats acquis dès maintenant par les études stratigraphiques et indique aussi les grandes lacunes qui subsisteront peut-être toujours. Avant de faire la description de la Terre dans les diverses périodes géologiques, l'auteur essaie de dégager les traits permanents de la structure de l'écorce. La lecture de ce paragraphe donne l'impression de conclusions bien prématurées, quelles que soient les réserves formulées: la permanence de l'axe terrestre à travers les âges; les mers primitives suivant approximativement des parallèles, parce qu'elles se concentrent dans des anneaux en creux de la sphère semi-fluide; les grands plissements de la surface accusés suivant les parallèles, alors que les effondrements se dessinaient suivant des méridiens, tout cela est encore tant du domaine de la rêverie; et l'on se demande avec inquiétude si la grande influence d'idées théoriques récentes ne s'est pas trop fait sentir. Il n'en est pas de même dans l'étude consécutive de l'évolution des climats, plus aisée à traiter du moment que l'on admet la fixité de l'axe terrestre. Cependant, à part quelques indications très générales, c'est-à-dire l'idée d'un refroidissement progressif, l'examen des isogéothermes actuels montre une influence tellement prépondérante de la distribution des terres et des mers, qu'il faut bien se dire que l'étude des climats successifs d'une région est liée intimement à la connaissance des états géographiques de parties du globe plus vastes, qu'on ignorera sans doute toujours. Pour préciser notre pensée, quand on songe que notre climat actuel dépend de centres de hautes ou de basses pressions qui s'établissent sur le Sahara, la Sibérie et l'Atlantique; quand on pense aux modifications qu'y introduirait la moindre ride montagneuse voisine, on reste sceptique devant les efforts de celui qui entreprend de résoudre ce problème des variations du climat d'une région à travers les âges, malgré les indications précieuses de la faune et de la flore.

Nous nous permettons de recommander vivement la lecture attentive du paragraphe où M. de Launay étudie les rapports de la géographie terrestre et de la sédimentation. C'est la première fois, croyons-nous, que se trouvent aussi bien mises en lumière les relations du phénomène

de l'érosion et de la nature des sédiments; la distribution des sels, des phosphates, du fer dans les couches sédimentaires; l'idée de la destruction de parties profondes ou superficielles de l'écorce expliquant des successions de couches de nature différente.

Le chapitre se termine par la description, en une cinquantaine de pages, de la Terre aux diverses phases de ses plissements; au lieu d'adopter les grandes divisions paléontologiques, l'auteur a cherché à grouper les périodes d'après les grands plissements de l'écorce; ainsi le Trias est rattaché au Carbonifère et au Permien sous le nom de « ère des mouvements hercyniens ». La lecture n'en peut se faire qu'en recourant aux croquis paléogéographiques du traité de géologie de M. de Lapparent; encore reste-t-elle fort pénible, bien qu'elle suggère de très intéressants aperçus d'explications possibles de l'existence de certaines couches, comme le Kupferschiefer du Permien de la Saxe.

Dans le chapitre XIII l'auteur discute et analyse diverses classifications adoptées pour les roches et l'origine et le mode de formation des roches éruptives; il renverse avec force l'idée ancienne d'un rapport constant entre la nature des roches éruptives et leur âge. Nous sommes ainsi préparés aux notions de chimie métallogénique (chap. XIV), aux études sur les filons, inclusions, ségrégations, en un mot aux spéculations, très hautes et très hardies, que l'auteur fait sur les phénomènes chimiques qui se passent sous l'écorce et qui amènent le remplissage de ses fentes. Les deux chapitres précédents permettent à M. de Launay d'aborder à nouveau et d'une façon très détaillée l'étude de la proportion des divers éléments dans la croûte terrestre (chap. XV).

La géologie n'a pas seulement son but utile; elle contribue pour sa part à nous éclairer sur les plus grands problèmes de la philosophie : Qu'est-ce que la vie? Quelle est l'origine des êtres? Dans notre *Bulletin* même, notre éminent confrère M. Dollo a examiné l'appui que la paléontologie donne au transformisme. Le lecteur ne sera pas surpris de voir tout un chapitre consacré à reprendre ce problème, avec un douloureux aveu de bien des ignorances; l'avenir reculera peut-être dans le passé des temps l'origine des êtres; il est à craindre que jamais la Terre ne nous révèle le secret de la vie.

En quelques pages éloquentes, l'auteur termine son ouvrage par des considérations prophétiques sur l'avenir de la Terre; il nous offre le choix de divers genres de mort : par le froid, par la soif, par asphyxie, tout cela dans un avenir assez lointain pour ne pas nous inciter à l'abandon immédiat de tous travaux; l'an mille semble, d'après lui, encore éloigné.

En terminant cette courte analyse, nous ne pouvons que nous répéter : l'œuvre de M. de Launay est magistrale ; c'est une magnifique synthèse des résultats acquis et des hypothèses du jour pour tout ce qui concerne l'histoire de l'écorce terrestre; mais ce n'est pas une compilation; beaucoup de parties appartiennent en propre à l'auteur; on ne saurait trop louer l'heureuse fusion qu'il trouve moyen d'établir entre la géologie proprement dite et la science des gîtes métallifères.

« Je voudrais qu'après avoir lu ce livre, un homme d'esprit éclairé et un peu au courant de la science moderne pût savoir exactement ce que cherchent et ce qu'ont découvert jusqu'ici les géologues ; mon but serait de lui faire comprendre en quoi les résultats atteints dans cette science spéciale intéressent la science tout entière et touchent aux problèmes les plus importants que se pose notre esprit, je souhaiterais, enfin, qu'il eût ainsi acquis, des méthodes géologiques, une connaissance suffisante, sinon pour les appliquer aussitôt lui-même, du moins pour en apprécier la valeur et, le cas échéant, se trouver en mesure de les approfondir. » Tel est le modeste vœu de l'auteur, dans son introduction; nous croyons, cependant, qu'il a surtout écrit pour les géologues, auxquels il aura permis de se reposer un moment de leur labeur d'investigation, pour admirer l'œuvre gigantesque à laquelle ils collaborent; il a aussi rendu le plus éminent des services aux professeurs par la présentation d'un plan nouveau par la vie qu'il a infusée dans les théories. Qu'il nous soit permis de lui en exprimer des remerciements. Son œuvre n'est pas un simple essai de vulgarisation : c'est une philosophie de la géologie. L. G.

SÉANCE MENSUELLE DU 16 MAI 1905.

Présidence de M. **Ad. Kemna,** *président.*

La séance est ouverte à 8 h. 30 ; (27 membres présents).

Correspondance :

M. *Cavallier*, directeur des Hauts Fourneaux et Fonderies de Pont-à-Mousson, envoie une note sur les recherches de houille dans la Lorraine française.

M. *Francis Laur* envoie la circulaire d'une Société de recherches houillères dans la même région et se met à notre disposition pour une conférence éventuelle sur ce sujet.

La *Société des sciences, des arts et des lettres du Hainaut* met au concours pour 1905, les deux questions de géologie suivantes :

1° On demande une étude, basée sur des analyses nouvelles, effectuées d'après une méthode uniforme, sur les relations existant entre la composition des houilles du bassin du Hainaut et leur mode de gisement. On recherchera, en particulier, les variations que subit cette composition dans le sens de la succession stratigraphique, dans le sens de la direction et dans celui de l'inclinaison, ainsi que suivant la profondeur et suivant la position des couches en plateure ou en dressant;

2° On demande une étude sur la faille du Centre et les failles connexes, dans le Couchant de Mons, et la partie occidentale du Bassin du Centre.

Le *Congrès de Chimie et de Pharmacie,* organisé du 27 au 30 juillet 1905, à Liége, adresse la liste des communications qui lui ont été annoncées. Quelques-unes concernent l'Hydrologie.

Le premier *Congrès préhistorique de France* se réunira cette année du 26 septembre au 1er octobre, à Périgueux. Les adhésions doivent être adressées à M. le docteur Marcel Baudouin, 21, rue Linné, à Paris.

La *Société des Naturalistes et Médecins allemands* annonce sa 77e réunion annuelle, qui se tiendra à Méran, du 24 au 30 septembre. La Société comporte une section de Minéralogie, de Géologie et de Paléontologie.

Nous recevons les projets de statuts d'une *Association générale des ingénieurs et hygiénistes municipaux de France, Belgique, Suisse et Grand-Duché de Luxembourg,* à fonder à Paris entre les ingénieurs, architectes, agents voyers, directeurs des bureaux d'hygiène et autres fonctionnaires techniques des villes.

M. *Michel Mourlon.* — En offrant à la Société le dernier tome paru de la *Bibliographia geologica,* je prierai mes collègues, comme je le faisais naguère, à l'occasion de la présentation d'autres tomes, de vouloir bien autoriser la reproduction de la courte préface qui l'accompagne et dont la publicité est forcément limitée à nos souscripteurs.

Voici cette préface :

Le présent tome VII de la série *B* sera suivi, à très bref délai, du tome IX de la série *A*, qui est à l'impression.

Notre *Bibliographia geologica,* dont la publication du premier volume remonte à 1897, aura donc ainsi à son actif, après huit années d'un travail persévérant et continu, seize volumes renseignant près de 48,000 titres d'ouvrages, représentant environ 87,000 renseignements bibliographiques.

On sait, en effet, qu'à part le tome I de la série *B*, un peu moins étendu, et le tome II de la même série, ainsi que le tome I de la série *A*, dont les titres ne portent qu'un seul « index », chacun des treize autres volumes comprend 3,000 fiches, constituant autant de titres de publications avec leurs analyses (idéologiques et géographiques) résumées et bien mises en évidence à l'aide des « index » de la classification décimale.

L'expérience que nous avons réalisée est de nature à intéresser toutes les institutions géologiques, tant de notre pays que de l'étranger. Elle fournit la preuve indéniable que l'emploi de la classification décimale donne les résultats les plus satisfaisants, non seulement en permettant de trouver immédiatement la littérature la plus complète sur un sujet déterminé, mais aussi en fournissant le mode le plus pratique du groupement sur les rayons de la bibliothèque, des publications qui la composent.

Dans l'Introduction au tome IV de la série *B*, j'ai eu l'occasion de rappeler notre manière de procéder, et de montrer que notre Répertoire des travaux concernant les sciences géologiques deviendrait forcément le *Catalogue universel de toutes les bibliothèques.*

En exigeant de chacune de celles-ci de publier un catalogue spécial, c'est répéter, à grands frais, les mêmes titres, non seulement des ouvrages relativement peu nombreux qui se publient séparément, mais aussi des innombrables notices et mémoires extraits des périodiques. Or, ces derniers, dont le nombre de ceux dépouillés par le Service s'élevait déjà à 1,300 dans la *Liste* que nous en avons publiée en 1898, a bien augmenté depuis cette époque.

C'est assez dire combien il semble plus pratique que, pour chaque groupe de sciences, un même établissement puisse centraliser le travail bibliographique, comme le préconise l'Office international de Bibliographie de Bruxelles, pour en assurer l'unité et la bonne exécution, sauf à lui signaler, le cas échéant, les lacunes inévitables, au fur et à mesure qu'elles se constatent.

Ce serait, en tout cas, moins compliqué, plus logique et plus scientifique que d'agir comme a tenté de le faire la « Royal Society » de Londres en réclamant à chaque pays sa bibliographie complète et en lui imposant une nouvelle classification chiffrée, qui a été l'objet de bien sérieuses critiques de la part des spécialistes les plus compétents.

Seulement, pour que l'avenir de notre œuvre bibliographique internationale soit définitivement assuré et que nous puissions continuer la *publication* de nos fiches en *volumes*, il ne suffit pas que nous puissions compter sur des souscriptions qui ont, du reste, atteint le chiffre respectable de trois cents, mais dont la plus grande partie, émanant de particuliers, disparaissent avec ces derniers.

Il faut aussi qu'il soit fait appel au concours des différents Gouvernements à l'effet d'obtenir des souscriptions présentant une garantie indispensable de durée et de continuité.

Nous avons ainsi la ferme conviction que notre Service géologique pourra continuer une publication qui, par son caractère international, est en droit de pouvoir compter sur l'intervention pécuniaire des différents pays intéressés.

S'il pouvait encore subsister quelques doutes quant à la confiance que notre publication doit inspirer à ceux qui ne se sont point trouvés dans le cas de l'étudier et de la pratiquer, il suffirait, pour dissiper ces doutes, de prendre connaissance d'un travail récent de notre collaborateur, M. le Dr G. Simoens.

Ce travail est intitulé : *Réponse aux critiques formulées par M. Emm. de Margerie au sujet de la* BIBLIOGRAPHIA GEOLOGICA (une brochure de 103 pages, éditée à Bruxelles chez M. Oscar Lamberty). **M. M.**

Depuis que ces lignes ont paru, M. Emm. de Margerie a publié dans le n° 6 du *Bibliographe moderne* une nouvelle note qui ne compte

pas moins de 46 pages et qui est intitulée : *A propos de la* BIBLIOGRAPHIA GEOLOGICA. *Réponse à MM. Mourlon et Simoens.*

Comme l'auteur de cette note a cru devoir lui donner une très grande publicité et que l'on se trouve maintenant surabondamment fourni de tous les éléments de la controverse, nos collègues nous sauront gré de ne point prolonger un débat qui n'a plus de raison d'être, si tant est qu'il en ait jamais eu.

Dons et envois reçus : 1° De la part des auteurs :

4702. **Carez, L.** *Mémoires pour servir à l'explication de la Carte géologique de la France. La géologie des Pyrénées françaises.* Fascicule I et fascicule II. Paris, 1903-1904. 2 volumes in-4° de 1230 pages et 11 planches.

4703. ... *Guide-Annuaire de Madagascar, 1905.* Tananarive, 1905. Volume in-8° de 800 pages et 33 cartes.

4704. **Rojas Acosta, N.** *Nociones sobre la Paleontologia Argentina.* Buenos-Aires, 1904. Brochure in-16 de 8 pages.

4705. **Guérassimow, A.** *Carte géologique de la région aurifère de la Léna. Description de la feuille II-6.* Saint-Pétersbourg, 1904. Volume in-8° de 242 pages, 4 planches et 1 carte.

4706. **Issel, A.** *Terminologia géografica relativa alla configurazione orizzontale della terra emersa, al mare e alle profundità marine.* Gênes, 1904. Extrait in-8° de 15 pages.

4707. **Issel, A.** *Osservazioni intorno alla Frana del Corso Firenze in Genova.* Pérouse, 1904. Extrait in-8° de 10 pages.

4708. **Issel, A.** *Osservazioni geologiche fatte nei dintorni di Torriglia. (Nota preliminare.)* Gênes, 1904. Extrait in-8° de 3 pages.

4709. **Martel, E.-A.** *Bibliographie spéléologique, 1895-1897.* Paris, 1897. Extrait in-8° de 70 pages et 19 gravures.

4710. **Meister, A.** *Carte géologique de la région aurifère d'Iénisséi. Description de la feuille K-8.* Saint-Pétersbourg, 1903. Brochure in-8° de 89 pages et 1 carte.

4711. **Meister, A.** *Carte géologique de la région aurifère d'Iénisséi. Description de la feuille L-9.* Saint-Pétersbourg, 1904. Brochure in-8° de 48 pages et 1 carte.

4712. **Meister, A.** *Carte géologique de la région aurifère d'Iénisséi. Description de la feuille L-8.* Saint-Pétersbourg, 1904. Brochure in-8° de 69 pages et 1 carte.

4713. **Meister, A.** *Carte géologique de la région aurifère d'Iénisséi. Description de la feuille L-6.* Saint-Pétersbourg, 1904. Brochure in-8° de 36 pages et 1 carte.

4714. **Meister, A.** *Carte géologique de la région aurifère d'Iénisséi. Description de la feuille K-7.* Saint-Pétersbourg, 1903. Brochure in-8° de 61 pages et 1 carte.

4715. **Mourlon, M.** *A propos du gisement de mammouth de Meerdegat (Alken) près de Hasselt.* Bruxelles, 1905. Extrait in-8° de 4 pages.

4716. **Mourlon, M.** *Compte rendu de l'excursion géologique aux environs de Bruxelles, à Ketelberg, Etterbeek, Watermael, Boitsfort, Stockel et Tervueren, le dimanche 12 juin 1904.* Bruxelles, 1905. Extrait in-8° de 51 pages et 17 figures.

4717. **Pervinquière, L.** *Traduction française de l'ouvrage :* « F. RINNE, *Étude pratique des roches à l'usage des ingénieurs et des étudiants ès-sciences naturelles* », avec une préface de A. Lacroix. Paris, 1905. Volume in-8° de 674 pages et 257 figures. (Don du traducteur.)

4718. **von Kalecsinszky, Al.** *Uebersichtskarte der untersuchten Thone der Länder der ungarischen Krone, II (1/900 000).* Budapest, 1899. (En 2 feuilles.)

4719. **Ribeiro, C., e Delgado, J.-F.-N.** *Carta geologica de Portugal (1/500 000).* Lisbonne, 1876.

4720. **del Castillo, A.** *Carta geologica de la Republica Mexicana (1/3 000 000).* Paris, 1889.

4721. **Salas, C.-P.** *Demografia, Ano 1901.* La Plata, 1904. Brochure in-4° de 87 pages.

Présentation et élection d'un nouveau membre effectif.

Est présenté et élu par le vote unanime de l'Assemblée :

M. TH. DEWARICHET, imprimeur, 52, rue de la Montagne, à Bruxelles, présenté par MM. Ch. Fiévez et E. Van den Broeck.

Programme d'une excursion pour le 4 juin :

M. *Michel Mourlon* développe le programme d'une excursion à Forest, où trois grandes belles carrières, ouvertes dans l'avenue Huart, permettent la constatation de nombreuses failles dans la région, en même temps qu'on y voit le cycle complet du terrain bruxellien.

Communications des membres.

M. G. Simoens. — **Sur l'allure des terrains primaires, secondaires et tertiaires des paléocreux et des paléovallées de Mons et des environs de Douai.**

— Ce travail, qui paraîtra aux *Mémoires*, est résumé comme suit par l'auteur :

M. *Simoens* a pensé nécessaire, vu l'autorité de M. Gosselet et, étant donné, d'autre part, que la structure des environs de Douai est assez semblable à ce que nous pouvons voir dans le bassin de Mons, de montrer que cette intéressante structure géologique s'explique mieux par la théorie des régressions et transgressions marines avec abrasion accompagnées de mouvements d'affaissement de certaines parties du géosynclinal houiller, que par la théorie proposée par le doyen de la Faculté des Sciences de Lille, qui invoque l'*érosion continentale* ayant déterminé des inégalités à la surface des terrains primaires, inégalités qui auraient été comblées, petit à petit, par les sédiments marins des époques secondaire et tertiaire.

L'une des principales raisons qui empêchent d'adopter cette hypothèse est ce fait étrange qu'un paléocreux, atteignant à peine cent mètres, et recouvert, un nombre considérable de fois, par la mer, aurait eu tant de mal à se combler pendant l'incalculable durée des temps secondaires, au point que cette misérable dépression, de moins de cent mètres, se décèlerait encore dans les couches tertiaires.

Si, réellement, les sédiments qui remplissent les paléocreux ont la signification que leur prête M. Gosselet, c'est-à-dire si ces assises indiquent, par les lignes déprimées vers le centre que présente leur surface, un remplissage insuffisant et destiné à être continué par les assises suivantes, sans qu'il y ait eu de sérieuses abrasions marines ayant enlevé la majeure partie des roches précédemment déposées, alors il faut admettre que l'épaisseur actuelle des assises marines de la région de Douai représente la totalité de la sédimentation pendant tous les temps secondaires dans cette intéressante région.

Il y a plus : dans ces creux de la surface du sol primaire, les sédiments sont beaucoup plus épais que sur les plateaux primaires voisins; pourquoi? Il est impossible d'admettre que les vagues et les courants aient transporté jusqu'au-dessus des creux des sédiments spécialement destinés à combler ces fosses, et il est impossible d'admettre que ces

dépôts, relativement épais dans les creux et plutôt minces sur les plateaux, représentent l'état du fond de la mer à la fin d'une période de sédimentation marine.

Si, pour expliquer cette allure, on refuse d'invoquer l'abrasion marine ayant nivelé les parties élevées et conservé intacts les dépôts se trouvant sous le niveau de la surface d'abrasion, pourquoi changer d'avis lorsqu'on constate dans les paléocreux la présence de dépôts épais et qui ne sont pas représentés sur les paléoplateaux?

Ainsi, par exemple, si, dans le bas-fond marin, on a des épaisseurs respectables de roches sédimentaires, et si ces épaisseurs varient de plusieurs mètres à 1 mètre, on conclut à un dépôt normal, sans abrasion; mais si ce dernier mètre se réduit encore, et s'il tombe à zéro, comme c'est le cas pour les sédiments triasiques de la région de l'Escarpelle, alors on invoque de suite l'autre théorie, celle de l'abrasion, et devant l'impossibilité de dire que la mer n'a abandonné ses sédiments que dans la grande fosse, on se résout, mais pour ce cas seulement, à admettre l'enlèvement des dépôts identiques qui ont dû se déposer de même sur les paléoplateaux.

N'est-il pas préférable de laisser à l'abrasion marine son véritable rôle, qui consiste à raboter le continent à chaque retour offensif de la mer?

Cette érosion enlève alors forcément tout ce qui se trouve au-dessus du niveau moyen de la mer transgressive. Et si, après son passage, les sédiments sont plus épais en un point quelconque, c'est qu'à cet endroit existait un creux formé déjà avant la dernière transgression et la surface d'abrasion de cette dernière transgression n'en sera pas moins horizontale. Si, plus tard, cette surface devenait courbe au contact d'une assise nouvelle, ce serait la preuve que, postérieurement à cette dernière transgression, il se serait produit en ce point un affaissement.

Il est à remarquer qu'avec la théorie de l'abrasion, on explique aussi bien les sédiments peu épais des paléoplateaux que leur absence complète, sans qu'il soit nécessaire de changer d'hypothèse suivant les cas. Il en est de même pour le bassin de Mons; il est impossible d'admettre que le terrain crétacique, que l'étage montien, que le Landenien et l'Ypresien se soient déposés dans une cuvette houillère.

Ainsi, en allant vers le Nord, ces assises débordent les unes sur les autres. Il ne faut certainement pas voir là un cas d'invasion continue d'une même mer, dont le niveau se serait élevé insensiblement.

Tout au contraire, cette région présente bien le cas de l'affaissement,

à peu près continu, d'un bassin marin pendant les différentes périodes sédimentaires. C'est ainsi que les terrains les plus inclinés sont les plus anciens, parce qu'ils ont subi l'affaissement pendant un temps plus long. Au contraire, les sédiments les plus récents sont aussi ceux qui s'étendent le plus dans une direction horizontale.

M. Simoens pense donc qu'après le dépôt de la craie, il y a eu affaissement, puis abrasion avec dépôt de Montien, puis, l'affaissement continuant toujours, il y a eu abrasion à l'époque landenienne avec dépôts; puis, après descente, nouvelle abrasion et dépôt d'Ypresien. Il est inutile de dire que les périodes continentales ont alterné avec les transgressions. Ces phénomènes se sont continués pendant l'Éocène moyen, comme M. Simoens a eu l'occasion de le montrer déjà pour la région du Brabant.

M. *A. Rutot* se rallie entièrement à ce que vient de dire M. Simoens.

Ayant, avec notre confrère J. Cornet, effectué le levé géologique de presque tout le Bassin de Mons et ayant ainsi rassemblé quantité de matériaux, M. Rutot les a utilisés pour le tracé des nombreuses coupes parallèles traversant le Bassin de Mons, et ces coupes lui ont permis de tirer plusieurs conclusions d'un haut intérêt, parmi lesquelles celle permettant d'affirmer que le Bassin de Mons n'existait pas à l'époque wealdienne, puis celles montrant que le creux s'est formé peu à peu par affaissement continu et s'effectuant irrégulièrement, tantôt en un point, tantôt en un autre, comme si des claveaux différents s'étaient séparément affaissés aux diverses périodes. M. Rutot compte présenter à la Société un travail spécial à ce sujet.

M. *Van den Broeck*. — M. Cornet m'a fait remarquer que les puits de mines et les galeries de l'Escarpelle montrent que les couches de houille, dont les allures sont bien connues par suite de leur exploitation intensive, ne présentent pas de dérangements sous le paléocreux étudié par M. Gosselet; ce qui semble bien indiquer que le terrain houiller de ces parages n'a pas été affecté de failles verticales ni de descentes en paquets depuis son dépôt. Ce fait serait donc, du moins pour la région précitée, en contradiction avec les vues de M. Simoens.

M. le *baron Greindl* se permet de faire observer que si l'on s'en réfère aux phénomènes actuels, on est bien obligé de constater que les sédiments marins terrigènes ne se déposent pas sur une surface idéalement horizontale, et que les transgressions marines n'aboutissent pas toujours à araser, suivant un plan, la partie continentale submergée. Le cas le plus frappant lui semble présenté par les côtes de Norwège, où

l'on trouve parfaitement des vallées submergées par suite de l'effondrement de la côte.

MM. *E. Van den Broeck* et *G. Simoens*, en opposition à cette manière de voir, objectent qu'il faut considérer *le cycle complet* du phénomène. Actuellement les effondrements ont fait jouer les divers voussoirs de la côte de Norwège, mais quand la mer reviendra à nouveau pour *immerger complètement* ces régions, ce sera aussi pour aplanir indifféremment les récifs anciens et la sédimentation nouvelle, par un vaste travail d'arasement, où l'on ne reconnaîtra plus les dentelures de la Norwège d'aujourd'hui.

M. *Kersten.* — Dans les exploitations du Borinage, on n'a jamais jusque maintenant constaté l'existence de failles verticales découpant des claveaux qui, en jouant les uns par rapport aux autres, auraient produit les affaissements dont parle M. Simoens.

Les plateures du comble Midi principalement, descendent très régulièrement sous les morts-terrains, et même dans les régions où ceux-ci atteignent de grandes épaisseurs, cette régularité n'est pas altérée.

Pour ce qui concerne le Mont Eribus, représenté sur la coupe que montre M. Simoens, nous connaissons les exploitations houillères qui en sont très rapprochées, et bien que sous cette colline la puissance des morts-terrains atteigne vraisemblablement le chiffre de 280 mètres, rien dans l'allure des couches de charbon ne fait prévoir la présence de failles verticales, venant confirmer la théorie qui vient d'être exposée.

Protestation de MM. *Rutot* et *Simoens.*

M. *Simoens* dit que M. Kersten n'a probablement pas très bien compris la portée de ce qu'il vient d'exposer, attendu que les affaissements, qui sont incontestables dans le bassin de Mons, ne doivent pas altérer nécessairement l'allure en plateure de certaines parties de ce bassin, et cela précisément parce que ce sont des descentes verticales.

Suite de la discussion sur les théories nouvelles de la formation des Alpes.

La parole est donnée à M. *Van de Wiele*, qui désire répondre à la note de M. Simoens.

M. Simoens a bien voulu émettre une série d'objections aux vues que j'ai exposées dans la dernière séance; je relèverai d'abord quelques-unes d'entre elles, et essaierai ensuite de résumer aussi clairement que

possible ma façon de voir, car je crains de ne pas avoir été suffisamment clair et précis dans mon exposé.

Ainsi, « je n'ai pas établi de différence au point de vue originaire entre les différents tronçons de la chaîne alpine, qui présenteraient chacun une évolution particulière ». Je considère que le mouvement tectonique qui a donné naissance aux Alpes s'est continué depuis Gênes jusqu'aux Carpathes d'un côté, aux Apennins de l'autre; mais ce mouvement n'a pas été simultané sur toute la ligne; il paraît avoir débuté avec l'Éocène, sinon avec le Crétacé supérieur, pour ne finir qu'avec le Pliocène aux deux extrémités de la chaîne, à en juger d'après la limite de l'âge des terrains impliqués dans le mouvement en Sicile et en Roumanie. On ne peut donc pas dire que j'admets une évolution spéciale pour chaque tronçon : le mouvement reconnaît la même cause tout le long de l'arc alpin; c'est l'affaissement de la zone centrale située à l'intérieur de celui-ci. Comme cet affaissement a débuté dans le Piémont et s'est successivement étendu dans les deux sens, la formation de la chaîne s'est prolongée vers les deux extrémités, et c'est ainsi que nous trouvons les Carpathes, et surtout la zone centrale qu'elles circonscrivent, dans un stade de plissement et de chevauchement moins avancé que celui de la chaîne alpine entre l'Italie et la France, pour ne citer que ce tronçon.

M. Simoens semble admettre que j'ai invoqué seulement les *effondrements* comme cause de la formation des Alpes. Cela n'est pas tout à fait exact. J'ai surtout parlé de zones d'affaissement. Le mouvement de celles-ci est toujours très lent, s'arrête parfois, pour recommencer ensuite. Si l'affaissement est étendu et s'il est plus ou moins rapide, il peut donner lieu à des effondrements, mais ceux-ci ne constituent qu'un épisode, qui n'a pas l'importance ni l'étendue de l'affaissement de toute la zone. L'affaissement peut, il est vrai, s'étendre sur sa périphérie, par des effondrements partiels et successifs des bords des masses cristallines ou des couches sédimentaires qui les recouvrent, mais c'est l'affaissement central, la descente du fond du bassin où la mer a pénétré, qui constitue le phénomène tectonique important, et il n'est lui-même que l'expression du retrait des masses profondes de la croûte terrestre. Je n'ai donc pas en vue « des bassins d'effondrement, qui paraissent très localisés et peu étendus suivant une direction linéaire ». Je dois à l'expression de « bassins d'effondrement » substituer celle de bassins d'affaissement s'effondrant sur leurs bords, et faire observer que le bassin ou la zone d'affaissement de la mer Méditerranée a existé depuis l'époque primaire jusqu'à nos jours, et qu'elle s'étend dans une

direction plus ou moins parallèle à l'équateur. Partant d'un bord du Pacifique, à la hauteur du Chili et du Pérou, elle fait le tour du globe par les Antilles et la mer Méditerranée actuelle, indique, par les dépôts qu'elle y a laissés, qu'elle a occupé autrefois la Perse et les plaines de l'Indus et du Gange, pour aller rejoindre l'autre bord du Pacifique par les mers équatoriales qui s'étendent entre l'Indo-Chine et l'Australie. L'affaissement central de l'arc alpin n'est qu'une section de cette zone principale, qui s'est rétrécie suivant une direction générale qui se rapproche de la ligne de l'équateur.

Quant aux objections de M. Simoens, relativement à la direction des plis et des chevauchements dans le sens de l'affaissement, elles paraissent fondées à première vue. En effet, la zone calcaire interne, ou méridionale, présente ses plissements et ses chevauchements dirigés vers l'affaissement central, et la plus grande partie de ces masses chevauchées a disparu au fond de l'affaissement, sous les masses sédimentaires, comme l'indique la disposition en gradins des masses calcaires dans leur descente vers et sous la plaine du Pô. Par contre, la zone médiane cristalline, et surtout la zone calcaire externe, présentent des chevauchements très accentués vers la périphérie, et c'est ici que je me trouve en désaccord avec la plupart des auteurs, parce qu'il me paraît impossible d'admettre une force tangentielle qui, partant d'une zone centrale, s'exercerait vers l'extérieur dans toutes les directions de l'horizon. Aussi, en invoquant l'affaissement des masses profondes, j'indique que le processus tectonique s'exerce dans la profondeur, et que c'est là qu'il faut rechercher la cause des phénomènes superficiels. Il y a lieu, en outre, de se rappeler que les plissements et les chevauchements vers la périphérie se sont produits dans ce que M. Haug a appelé le géosynclinal périalpin, que je considère comme une zone d'affaissement périphérique à l'affaissement central, affaissement périphérique résultant de l'appel des masses superficielles de la périphérie, vers l'affaissement central, plus étendu et plus profond. Si maintenant nous supposons que les zones d'affaissement périphérique et centrale prennent une extension trop grande pour que la rigidité des masses cristallines qui les entourent puisse continuer à les maintenir en équilibre, il y a resserrement. Dans la profondeur, les masses se rapprochent, mais celles de la superficie, forcées de se loger dans un espace beaucoup plus réduit, se soulèvent en se plissant et en chevauchant vers la périphérie sur le bord externe, et elles comblent ainsi la zone d'affaissement périphérique. Enfin, entre les deux zones d'affaissement, les roches intrusives entraînant les masses cristallines et les dépôts sédimentaires, se

soulèvent pour former un bourrelet de montagnes qui délimitent le pourtour de la zone centrale affaissée.

Toutes nos explications reposent donc, en dernier lieu, sur l'hypothèse de l'affaissement continu des couches profondes de l'écorce terrestre, et nous sommes ainsi amené à reconnaître que nous nous trouvons à la limite du domaine de l'observation géologique. Cependant il convient de faire remarquer que les affaissements et les effondrements font partie de l'histoire géologique du globe; on peut les constater en de nombreux points. D'un autre côté, la théorie de la contraction continuelle des couches superficielles du globe ne rencontre guère de contradicteurs. Il semble donc qu'il y aurait intérêt à la soumettre à l'analyse, et c'est ce que nous nous proposons de faire ici.

Le globe se refroidit et se contracte. La croûte solide externe ne participe plus guère à cette diminution de volume; ce sont les couches profondes, encore à l'état de fusion ignée, qui continuent à se contracter. Le passage de celles-ci à la couche solide externe se fait par l'intermédiaire d'une couche malléable, susceptible de se plisser sous l'effort des couches profondes. Elle doit sa consistance visqueuse ou malléable à la présence de l'eau surchauffée sous pression, au voisinage des couches profondes et à la température élevée que celles-ci émettent constamment vers l'extérieur. La matière qui constitue la couche intermédiaire ne se présente pas sous l'aspect solide; c'est un magma plus ou moins visqueux, soumis d'un côté à la pression de la force centrifuge des couches profondes, et de l'autre à la pression centripète de sa propre pesanteur et de celle des masses cristallines et sédimentaires qui reposent sur sa surface. Les deux forces opposées tendent constamment à se faire équilibre; mais, au cours des âges géologiques, cet équilibre est incessamment rompu, par suite des modifications de l'évolution de la croûte terrestre. Chaque rupture d'équilibre doit s'accompagner d'un arrangement nouveau dans les plissements de la couche malléable et dans la disposition réciproque des masses cristallines et des sédiments de la superficie, et ce sont ces dernières modifications qui nous apparaissent sous la forme de l'évolution tectonique des couches superficielles. Nous sommes donc amené à considérer les couches solides externes comme constituées par une série de tables cristallines recouvertes presque complètement par des sédiments. Ces masses cristallines, serrées les unes contre les autres, présentent cependant un certain degré d'indépendance, elles peuvent jouer les unes contre les autres.

Le refroidissement des couches profondes, à l'état de fusion ignée, ne suppose pas de déformation de leur surface, la diminution de volume

est la même sur toute sa périphérie. Cependant nous savons que le globe a subi un aplatissement, et que celui-ci est attribué à l'action centrifuge de rotation; mais outre cette première cause de déformation, il est probable qu'il faut aussi reconnaître l'attraction de la lune, du soleil et des planètes, astres tous situés dans des plans voisins de l'écliptique. Voilà donc des forces perturbatrices qui tendent à donner aux couches profondes une autre forme que la forme sphérique, que nous lui avons attribuée tantôt. Ces forces, qui agissent d'une façon inégale sur les différents points du globe, mais qui continuent à s'exercer depuis que la terre tourne, doivent produire à la surface de la masse centrale en fusion des mouvements que je comparerais à des courants si la lenteur de leur déplacement, que l'on peut apprécier par ce que nous savons de la durée des temps géologiques, permettait cette comparaison. Ce déplacement inégal de la surface du noyau igné réagit sur la couche molle intermédiaire, et celle-ci à son tour provoque des mouvements dans les masses cristallines de la surface. C'est aux modifications qui se produisent dans la couche malléable intermédiaire qu'il faut attribuer les affaissements et les effondrements d'une part, et les soulèvements des chaînes de montagnes et des vastes plateaux continentaux d'autre part.

Mais sortons du domaine de l'hypothèse et rencontrons uniquement les faits constatés par l'observation géologique. Les affaissements se sont produits à toutes les périodes géologiques. Nous savons que les transgressions et les régressions de la mer se suivent constamment sur tous les points du globe, avec une fréquence inégale, il est vrai, d'après les zones. Certaines régions paraissent être restées plus stables; d'autres, au contraire, sont continuellement en mouvement. M. Suess, auquel il faut toujours s'adresser pour l'étude des faits tectoniques, a montré que l'hémisphère septentrional présente une zone où ces mouvements ont été réduits au minimum, au moins depuis le Cambrien; nous savons que le bouclier canadien, le bouclier scandinave et une partie de la Sibérie en font partie. Depuis ces temps lointains, ces masses cristallines n'ont pas été sans subir de nombreuses vicissitudes; elles ont été considérablement réduites sur leurs bords, car il est probable qu'elles formaient une zone continue et qu'elles n'étaient pas encore séparées par des océans étendus et profonds. Elles ont subi depuis des mouvements d'oscillation autour de leur centre de gravité, mais jamais, depuis le Cambrien, elles n'ont été complètement submergées; ce qui, soit dit en passant, leur a permis de jouer le rôle de l'Arche de la Bible dans l'évolution de la faune et de la flore terrestres.

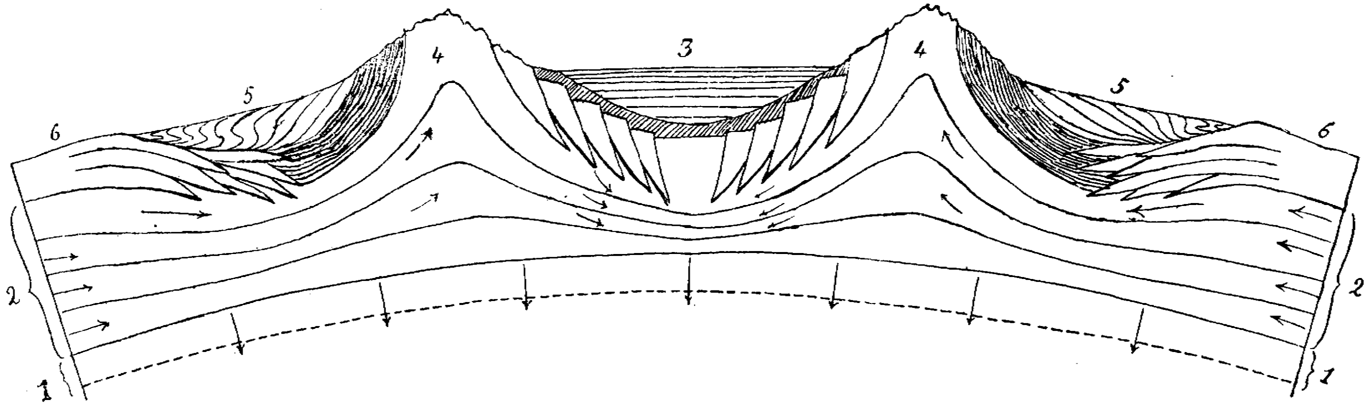


Fig. 1. — Schéma de la surrection d'une chaîne de montagnes.

1. Noyau fluide central, en voie de rétraction concentrique.
2. Couche malléable en voie de plissement. Affaissement consécutif sur certaines zones, d'un côté, et soulèvement de l'autre.
3. Affaissement central occupé par la mer.
4. Massifs soulevés et réduits ensuite par effondrements.
5. Affaissement périphérique se comblant par chevauchement vers la périphéri .
6. Couches superficielles solides (tables cristallines).

En opposition avec ces masses stables, nous trouvons deux bassins océaniques où la mobilité, caractérisée par des affaissements répétés du fond, offre un contraste accentué avec l'immobilité des masses continentales : ce sont l'océan Pacifique et l'océan Méditerranéen. Nous avons à nous occuper surtout de ce dernier. Les mouvements d'affaissement y existaient probablement déjà à l'époque primaire; il est certain qu'ils ont continué pendant le Mésozoïque et le Tertiaire, et ils se continuent encore de nos jours. Les masses cristallines qui occupent la zone qui la borde au Nord ont un pendant au Sud, dans le Sahara, où les masses paléozoïques gardent un repos relatif, permettant de supposer, sous elles, une table cristalline jouant le même rôle que celles du Nord. Des deux côtés, ces masses sont entraînées vers l'affaissement central, plissant et soulevant les couches sédimentaires situées entre elles. Même on dit parfois que les masses cristallines poussent devant elles et sous elles des parties de la surface, provoquant ainsi les effondrements; mais cela n'est possible que si le substratum en fusion ignée cède en premier lieu, car les pressions produites par les masses profondes sont de beaucoup supérieures à celles de la surface. De même que les mouvements de la profondeur s'exécutent avec une lenteur que nos sens ne peuvent apprécier, le déplacement des masses superficielles au Nord et au Sud du bassin Méditerranéen ne se fait pas d'une seule poussée; celles-ci se fragmentent du côté de l'affaissement et les parties qui se détachent descendent au fond, en même temps qu'elles poussent devant elles le reste de la masse sédimentaire en la faisant chevaucher. C'est ici que commence la réaction de la surface dans la zone périphérique.

La dépression ou la zone d'affaissement qui tend à prendre une forme plus ou moins circulaire, ou bien encore délimitée par la confluence de plusieurs cercles de plus petit diamètre — exemples : la mer Noire, la mer Tyrrhénienne, etc. — se rétrécit inégalement, par la pression périphérique; aussi, comme celle-ci n'est pas la même dans tous les sens, la zone d'affaissement subit un rétrécissement plus marqué dans la direction d'un de ses diamètres qui, du reste, peut se recourber à son tour. Pour la Méditerranée, la pression Nord-Sud paraît prédominer, et, par conséquent, le diamètre parallèle à l'équateur est celui qui reste prédominant. C'est de cette manière que la zone d'affaissement passe à l'état de géosynclinal central. Je dis central, parce qu'on rencontre très souvent, sur le bord des dépressions ou des affaissements importants, une zone périphérique où des affaissements secondaires se sont produits. J'ai déjà appelé l'attention sur le géosynclinal

périphérique des Alpes, et j'ai fait observer alors que le fond du synclinal se portait vers l'affaissement central, occupé, dans le cas qui nous occupe, par l'affaissement plus central correspondant au bassin du Pô; mais celui-ci, à son tour, n'est qu'un affaissement périphérique relativement au bassin central de la Méditerranée, située au Sud. Et il en a été ainsi, non seulement pendant le Tertiaire, mais aussi pendant le Crétacé, le Jurassique, le Trias et probablement aussi pendant le Primaire. Nous savons que pendant le Trias les sédiments triasiques de la mer Alpine indiquent une mer profonde, tandis que les dépôts contemporains de l'Allemagne indiquent des bassins relativement plats, c'est-à-dire que l'emplacement des Alpes faisait alors partie de l'affaissement central profond, et qu'en Allemagne il y avait des bassins périphériques beaucoup moins profonds que la mer centrale. Une situation analogue s'est répétée jusqu'au milieu du Tertiaire, et alors, sur l'affaissement périphérique et autour de l'affaissement central, s'est élevée la chaîne de montagnes énormes, pendant que l'affaissement central se maintenait au Sud, malgré que son aire tendait à se combler par la poussée des grandes masses cristallines au fond de la dépression; de sorte que la Méditerranée survit toujours, car son rôle océanique fait partie du plan de l'évolution du globe.

Les affaissements périphériques à l'affaissement central doivent se produire dès que ce dernier atteint une profondeur et une étendue suffisantes. Nous avons admis que le déplacement de parties plus ou moins considérables de la couche malléable intermédiaire était la cause immédiate de l'affaissement de portions des tables cristallines. Le bord de celles-ci, tout autour de l'affaissement, se trouve en porte à faux, et, entraîné par la pesanteur, il descend peu à peu vers le fond de la zone d'affaissement, en même temps que la table tout entière est poussée vers le centre de l'aire, affaissée par la force tangentielle, centripète, des masses cristallines situées derrière elle. Des masses considérables, dont les dimensions atteignent parfois des milliers de kilomètres carrés, sont ainsi détachées de la masse principale, laissant entre elles et les masses restées en place des vides où la mer pénètre, et cette mer périphérique reste souvent séparée, au début tout au moins, de la mer centrale plus profonde par la masse détachée, qui ne descend que graduellement, formant d'abord une île continentale comme l'Angleterre ou le Japon, et passant peu à peu à l'état de dos sous-marin. C'est ainsi que nous nous représentons le processus des transgressions marines, de même que la descente graduelle de la masse détachée représente, en grand, le chevauchement des couches sédimen-

taires, avec accompagnement, à la superficie, des mouvements en avant des plis correspondants et des nappes couchées. C'est dans un affaissement périphérique que se sont dessinés le massif de la Brèche, les Préalpes et les formations du flysch; et, par suite de la continuation du mouvement de resserrement, les trois formations tectoniques ont été soulevées, en même temps qu'elles se superposaient l'une au-dessus de l'autre. Il paraîtrait même que, pour les Alpes, il y a eu plus d'une zone d'affaissement périphérique, car la zone des schistes lustrés s'est formée dans un synclinal inscrit à l'intérieur du géosynclinal périalpin. Nous savons, en effet, surtout grâce aux travaux du tunnel du Simplon, que les masses triasiques et autres plus récentes, métamorphosées en gneiss et schistes cristallins, se présentent sous forme de nappes couchées, qui ont chevauché vers la périphérie des Alpes, et qu'elles sont venues buter contre le massif du Finsteraarhorn et du Saint-Gothard, qui les sépare du géosynclinal périphérique, situé plus à l'extérieur.

C'est précisément ce chevauchement des masses vers l'extérieur que M. Simoens semble ne pas pouvoir admettre, et j'avoue qu'il m'a été difficile, tout d'abord, de trouver la solution de cette contradiction apparente entre la direction de la force centripète, qui s'imposait comme force tectonique des Alpes, et le chevauchement apparent des masses vers l'extérieur. C'est grâce à l'étude des travaux de M. Haug sur la persistance du géosynclinal périphérique alpin que j'ai cru pouvoir admettre le mécanisme que je viens d'exposer.

Je ne suis du reste pas le premier à invoquer l'action tectonique des zones d'affaissement. En étudiant les arguments que MM. Greindl et Simoens ont bien voulu m'opposer, j'ai été amené à revoir le chapitre de l'ouvrage de M. Suess (1) où il est question des chaînes en guirlande, à concavité au Nord, dont j'ai déjà parlé à propos de l'arc de la Crète et de ceux de l'Iran. Ce plissement a débuté beaucoup avant l'époque tertiaire, et en dehors du système méditerranéen il semble caractériser surtout la zone immobile dont il a été question tantôt. L'ouvrage de M. Suess, qui est une mine inépuisable pour le géologue, m'a montré ce que je ne cherchais pas.

Cette trouvaille, que je reproduis plus bas, est le schéma en 4 figures que M. Holmquist a publié dans le *Bulletin de la Société de Géologie de Stockholm*, 1901. On y retrouve, tout entière, la conception géologique

(1) ÉD SUESS, *La Face de la Terre,* t. III, 1re partie, p. 524.

Le chevauchement scandinave, d'après P.-J. Holmquist.

Bidrag till diskussion om de skandinaviske fjellkedjans tektonik (Geol. Fören. i Stockholm Forhandl., 1901, pp. 55-71).

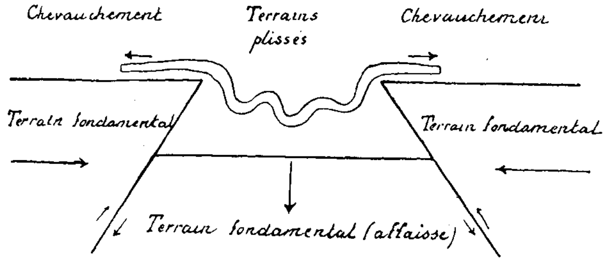


Fig. 2.

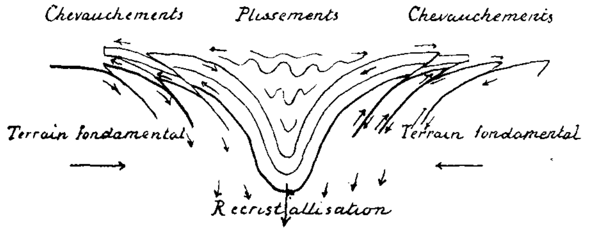


Fig. 3.

Fig. 2. et 3. — Explication hypothétique du chevauchement scandinave (poussées symétriques).

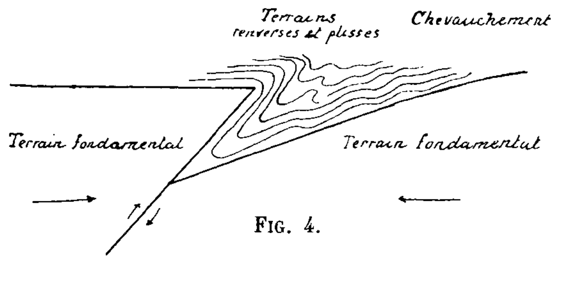


Fig. 4.

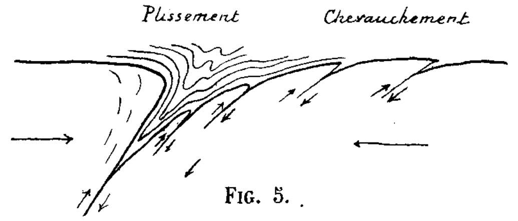


Fig. 5.

Fig. 4 et 5. — Explication hypothétique du chevauchement scandinave (poussées dissymétriques).

Nota. — Les quatre figures du schéma sont reproduites d'après Éd. Suess, dans *La Face de la Terre*, t. III, 1re partie, p. 524.

que je viens d'exposer; la seule particularité qui n'y est pas mentionnée, c'est l'affaissement périphérique; mais elle y apparaît néanmoins. Des deux côtés de l'affaissement, nous voyons le « terrain fondamental » s'abaisser et les terrains sédimentaires et superficiels se plisser en chevauchant vers l'extérieur, pendant que les masses cristallines périphériques tendent à se rapprocher. J'ai étudié le livre de M. Suess lorsqu'il a paru; le schéma de M. Holmquist aura dormi dans ma mémoire, et la lecture des travaux de M. Lugeon, réveillant mes souvenirs, m'aura fait appliquer à la formation des Alpes la théorie du savant géologue suédois.

Avant de terminer, je voudrais dire encore quelques mots sur les rapports qui me paraissent exister, d'une part, entre les zones d'affaissement et, d'autre part, entre la forme et la longueur des arcs de chaînes de montagnes qui les accompagnent. Je crois trouver un argument important en faveur de cette théorie dans le travail si remarquable que M. Cayeux a communiqué au Congrès géologique international de Vienne (1). Il s'agit de l'arc dinaro-taurique qui, d'après la conception de M. Ed. Suess, se détache des Alpes dans la Vénétie. Nous avons montré que ses plissements constituaient d'abord la zone calcaire méridionale, et nous avons rappelé leur parallélisme à l'axe de l'Adriatique. Ces plissements se continuent par la partie occidentale de la péninsule balkanique, l'Albanie, le Péloponèse, les îles Cerigo et Cerigotto, jusqu'à l'extrémité occidentale de la Crète. M. Suess, se basant sur des travaux anciens, avait admis que l'arc se continuant à travers l'île, le long de son grand axe, formait l'arc dinarique qui allait rejoindre d'un autre côté les plissements du Taurus, s'avançant à travers l'île de Chypre pour former l'arc taurique, pendant de l'arc dinarique, et constituant avec celui-ci une unité tectonique, dont la partie médiane aurait disparu par suite d'un effondrement.

Mais les observations recueillies par M. Cayeux en Crète n'ont pas confirmé cette conception tectonique. Au lieu d'une chaîne longitudinale parallèle au grand axe de l'île, il a constaté l'existence d'une série de plissements, disposés d'après des courbes opposées par leur convexité, et se resserrant les unes contre les autres dans l'extrémité Sud-Ouest de l'île. Au Nord et à l'Est, les couches vont s'étaler en éventail. Nous reproduisons ici en regard le schéma tectonique que M. Cayeux a ajouté à sa communication.

---

(1) L. Cayeux, *Les lignes directrices de plissements de la Crète.* (C. R. du Congrès géol. internat., IXe session, Vienne, 1903, fasc. I, p. 383.)

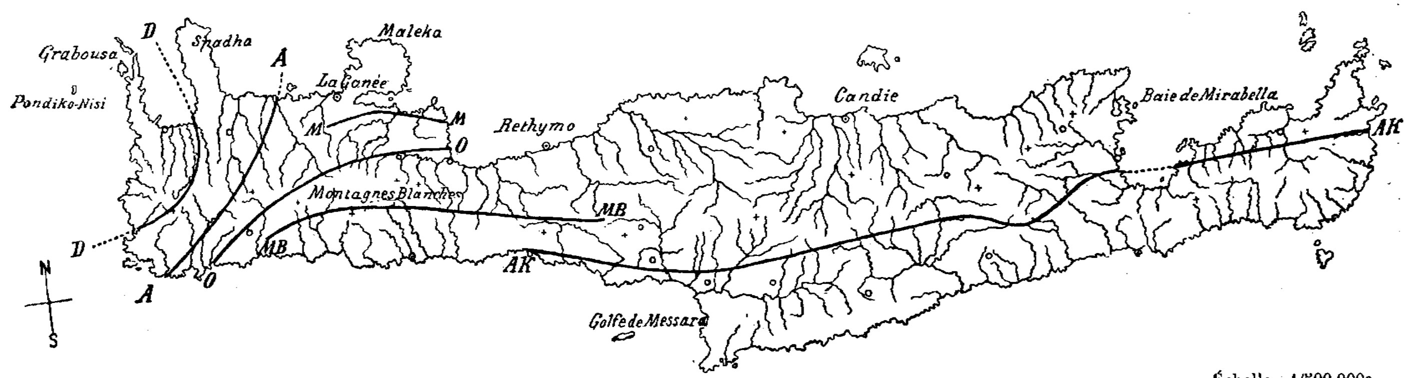


Fig. 6. — ILE DE CRÈTE (d'après Cayeux).

Tracé de quelques arcs anticlinaux.

DD.	Pli anticlinal du Dictyos.	
AA.	—	de l'Apopighari.
MM.	—	de Malaxa.
OO.	Pli anticlinal de l'Omalo.	
MB.	—	des Montagnes Blanches.
AK.	—	de l'Aphendi Khristo.

On voit que le système occidental, celui du Dictyos, continue le prolongement de l'arc dinarique du Péloponèse, mais au lieu de se recourber vers l'Est, comme l'avait admis M. Suess, il se dirige au Sud-Ouest. Maintenant, si nous consultons une carte des profondeurs de la Méditerranée, nous voyons que le prolongement du Dictyos se dirige vers la Cyrénaïque, qui se rapproche de la Crète par un plateau sous-marin, et n'en reste séparée que par un canal profond relativement étroit. Nous voyons de cette façon se constituer le mur qui sépare le bassin ionien de la Méditerranée, de son bassin oriental que nous pourrions appeler le bassin libyen. Pour nous, le plissement du Dictyos serait périphérique au bassin ionien et se prolongerait vers le plateau de la Cyrénaïque.

M. Cayeux décrit ensuite le système de l'Apopighari, constitué par un pli unique, qui semble périphérique à ceux du Dictyos, et participerait, par conséquent, au rôle tectonique de ceux-ci.

Le troisième système, dont la direction prépondérante va de l'Est à l'Ouest, occupe plus des neuf dixièmes de la superficie de l'île, depuis le pli de l'Apopighari jusqu'à son extrémité orientale. Il convient de faire remarquer que la direction de ces plissements, légèrement concaves au Sud dans leur ensemble, se relève un peu au Nord-Est vers l'extrémité orientale de l'île. Si nous consultons la carte de cette partie de la Méditerranée, nous trouvons que cette direction des plissements du troisième système concorde avec celle d'un mur sous-marin sur lequel émergent la Crète et les îles de Kasos, Carpathos et Rhodes. Il est limité au Nord et au Sud par des bassins marins relativement profonds. Le bassin du Nord, moins étendu et moins profond que le bassin libyen, sépare la Crète et son prolongement du plateau Égéen submergé, sur lequel se dressent les Cyclades et les Sporades.

Quant au bassin libyen, on peut voir, par le schéma de M. Cayeux, qu'il est circonscrit au Nord par le troisième système de plis à direction Est-Ouest, et nous pouvons ainsi nous rendre compte de la disposition tectonique des plissements du sol de la Crète, et constater que les bassins orientaux de la Méditerranée, tout comme ceux de l'Occident, sont circonscrits par des arcs de chaînes de montagnes qui suivent les bords des zones d'affaissement.

Du reste, cette relation entre les chaînes plissées et surélevées et les zones affaissées n'a pas échappé à M. Cayeux. Parlant des Apennins et de l'arc dinarique, il dit : « Les deux branches qui se détachent de la chaîne alpine et circonscrivent la fosse adriatique restent parallèles jusqu'au point où il est possible d'observer le faisceau dinaro-taurique. »

M. le *baron Greindl.* — L'idée que nous suggère M. le docteur Van de Wiele est que le rapprochement des zones externes à la partie plissée de l'écorce pourrait être dû à l'appel au vide résultant des affaissements importants que l'on constate dans la zone des Alpes; les affaissements seraient donc antérieurs aux derniers grands plissements.

Il nous semble que la structure de l'avant-pays alpin est difficilement conciliable avec cette thèse. Dans quel état voyons-nous, en effet, les fragments de la chaîne carbonifère qui vient border le plissement tertiaire? D'une façon générale, ils sont relevés vers la chaîne alpine et vont s'abaissant lentement vers l'extérieur.

Ainsi le plateau central présente sa crête hypsométrique (abstraction faite des accidents volcaniques) immédiatement contre le sillon rhodanien et se dessine en voussoirs à faible courbure, séparés par de longues failles longitudinales, qui vont s'abaissant vers l'Ouest. De même, la terre rhénane (Vosges et Forêt-Noire), dont la partie Sud porte des traces de sédiments permiens, puis qui fut entièrement recouverte des sédiments secondaires, qui avait donc un pendage vers le Sud à la fin des temps carbonifères, nous montre actuellement, malgré le décapage de ses couches, qui a atténué fortement l'apparence hypsométrique du mouvement de bascule, une pente manifeste du bloc vers le Nord, avec, encore une fois, courbure générale du massif, obtenue par un jeu de failles transverses produisant comme une sorte de synclinal entre deux anticlinaux (Hautes Vosges-Forêt-Noire et Hardt-Forêt d'Odin).

Je ne reviendrai pas sur ce que j'ai dit du massif de Bohême, dans la dernière séance. La pression alpine nous semble manifeste dans tous ces cas, et je ne crois pas qu'il puisse y avoir de désaccord entre nous à ce sujet. Mais n'y a-t-il pas aussi une autre conséquence à déduire de ces faits?

Si l'appel au vide était la cause du rapprochement de l'avant-pays, ce voussoir terrestre ne devrait-il pas incliner vers la fosse d'affaissement, alors que c'est précisément l'inverse qu'on constate?

Dans un autre ordre d'idées, si, avec M. Haug, nous admettions qu'un plissement montagneux est le résultat du resserrement d'une partie de l'écorce terrestre entre deux mâchoires, nous serions obligés de rejeter la définition géologique des montagnes, qu'on se plaît, pour le moment, à nous représenter comme une grande ondulation de l'écorce, se propageant lentement vers les bords.

Les bords devraient être les premiers plissés. En est-il ainsi? C'est difficile à dire, puisque en somme on ne connaît pas la structure interne des bords des plis montagneux.

Les plis couchés et les lames de charriage que l'on constate dans les chaînes de montagnes s'expliquent pour nous par la tendance de la zone externe de l'écorce à ne pas suivre les plis de la partie interne; le travail est beaucoup moindre si une partie de l'écorce chevauche sur une autre, et cela pendant que la portion interne se replie lentement sur elle-même.

G. Simoens, **Deuxième note sur les effondrements et les plissements.**

Je me félicite d'avoir discuté, dans une de nos dernières séances, le travail présenté par M. Van de Wiele, puisque cela nous vaut, de la part de notre sympathique confrère, un second mémoire qui, au point de vue de l'intérêt qu'il présente, ne le cède en rien au travail précédent. Dans cette deuxième note, notre confrère, tout en relevant quelques-unes de mes objections et craignant « de ne pas avoir été suffisamment clair et précis » dans son exposé, essaie de résumer aussi clairement que possible sa façon de voir.

Je pense que le but que poursuivait M. Van de Wiele a été atteint tout au moins dans ses grandes lignes, et si, sur des questions de détail, je ne suis pas tout à fait d'accord avec lui, je puis dire cependant que l'idée maîtresse qu'il défend est aussi la mienne et qu'elle présente des analogies frappantes avec celle que j'ai défendue ici même depuis plusieurs années. Aussi, ces quelques lignes ont-elles moins pour but de rencontrer les points sur lesquels nous pourrions différer, que d'indiquer, d'une manière plus précise, les grands principes qui constituent pour nous des points de contact. Les données du problème seront ainsi précisées et il nous sera dès lors facile d'en rechercher les dernières inconnues :

1° Tout d'abord, je suis heureux d'apprendre que M. Van de Wiele n'a pas voulu voir dans la chaîne alpine des tronçons montagneux dus aux effondrements locaux qui limitent fréquemment vers le Sud ces rides de l'écorce terrestre. Cette idée, que je croyais défendue par notre collègue, je l'avais rencontrée dans mon précédent travail et je lui avais fait une série d'objections. M. Van de Wiele repoussant nettement cette idée dans sa dernière note, nous nous trouvons d'accord, je pense, pour affirmer que les effondrements localisés dans l'arrière-pays — cette expression étant employée dans le sens adopté par M. Suess — sont fonction de la surrection des masses montagneuses, c'est-à-dire qu'ils sont des phénomènes consécutifs à la chaîne plissée; parmi ceux-ci,

nous pouvons citer, par exemple, la Hongrie pour la chaîne alpine, le bassin de Paris pour la chaîne hercynienne, le centre de l'Angleterre pour la chaîne calédonienne;

2° M. Van de Wiele donne une signification différente aux mots effondrement et affaissement. J'ai toujours, quant à moi, considéré ces deux termes comme synonymes et j'ai, pour exprimer ma pensée, employé indifféremment l'un et l'autre.

Si M. Van de Wiele veut les employer dans des sens différents, il y a lieu alors de préciser la valeur relative de ces deux termes.

Notre confrère admet que « si l'*affaissement* est étendu et s'il est plus ou moins rapide, il peut donner lieu à des *effondrements*, mais ceux-ci ne constituent qu'un épisode qui n'a pas l'importance ni l'étendue de l'affaissement de toute la zone ».

Il croit, en outre, que « l'*affaissement* peut s'étendre sur sa périphérie par des *effondrements* partiels et successifs des bords des masses cristallines ou des couches sédimentaires qui les recouvrent ».

« Je dois, dit encore M. Van de Wiele, à l'expression de « bassins d'effondrement » substituer celle de *bassins d'affaissement, s'effondrant* sur leurs bords ».

a) M. Van de Wiele réserve le nom d'effondrement aux descentes locales et limitées, comme les exemples que j'ai cités plus haut et qui se localisent généralement dans l'arrière-pays. Je suis tout disposé à réserver à ces phénomènes le nom d'effondrement, mais j'ajoute comme corollaire — et M. Van de Wiele sera, je pense, de mon avis — ce qui suit : Les effondrements locaux de l'arrière-pays sont consécutifs à la chaîne plissée comme nous l'avons admis au primo, c'est-à-dire que les effondrements (sensu stricto) sont les effets et non la cause du plissement. C'est là un fait qui ne saurait être contesté, car on peut fréquemment, des deux côtés de la région effondrée, raccorder les plis sectionnés et qui constituent aujourd'hui les tronçons d'une même chaîne.

b) M. Van de Wiele réserve le nom d'affaissement au phénomène général qui, pour la chaîne alpine, s'étend autour du globe. C'est donc, dans la pensée de notre confrère, le phénomène originaire de la chaîne plissée. Ce que dit M. Van de Wiele est absolument vrai, non seulement pour la chaîne des Alpes, mais aussi pour les autres cordillères plus anciennes, et je me suis proposé depuis longtemps de démontrer pour la chaîne hercynienne, qui traverse notre pays, ce que M. Van de Wiele veut faire admettre pour les Alpes récentes localisées plus au Sud. Je disais ici même, il y a environ six ans : « *Il faut aussi conclure que les plissements et les autres modifications que présentent les régions super-*

ficielles du globe ne sont, en dernière analyse, que des manifestations de la pesanteur », et j'admettais le processus suivant :

1° *Une force centripète, provoquant des chutes verticales;*

2° *Des phénomènes de plissements dus à l'affaissement précédent.*

Malgré tout ce que mon opinion avait d'étrange à cette époque, je me proposais d'étudier successivement les nombreuses manifestations tectoniques qui caractérisent nos régions. « Cette étude, disais-je, me permettra, je pense, d'établir : 1° *que le ridement du Hainaut n'est pas dû à une poussée générale venant du Sud;* 2° *que la constitution des chaînes calédonienne et hercynienne qui traversent notre pays est le résultat d'une série d'effondrements successifs et superposés.* »

Cette explication me paraissait la seule rationnelle, la seule permettant, à mon avis, de rendre compte de la structure de notre territoire. J'eus la satisfaction de trouver deux ans plus tard, dans le tome III de l'édition française de M. Suess, l'interprétation de M. P. J. Holmquist, qui venait précisément de paraître, à Stockholm, quelques mois auparavant. Le savant suédois admettait donc pour la Scandinavie une explication semblable à celle que j'avais conçue moi-même, antérieurement, pour nos régions et qui lui faisait dire : « le recouvrement devient en somme un renfoncement ».

Je rappellerai, en passant, l'intéressant travail qui parut sur le sujet en 1902, dans le tome XI des *Annales de Géographie*. Aujourd'hui M. Van de Wiele nous apporte à son tour, avec une documentation soignée, une opinion identique pour la chaîne des Alpes.

Nous devons donc admettre :

a) Les effondrements (sensu stricto) dont il a été question précédemment et qui sont postérieurs à la chaîne plissée;

b) Ces effondrements (sensu largo) successifs et superposés en descentes verticales, c'est-à-dire les renfoncements de M. P. J. Holmquist, ou affaissements de M. Van de Wiele, comme étant la cause primordiale du plissement.

c) M. Van de Wiele dit cependant que « si l'*affaissement* est étendu et rapide, il peut donner lieu à des *effondrements* », ou encore que « l'*affaissement* peut s'étendre par des *effondrements;* il admet aussi des bassins d'*affaissement s'effondrant* sur leurs bords ».

A mon avis, M. Van de Wiele ne différencie pas suffisamment les deux phénomènes qu'il s'efforce de distinguer. Je crois cependant qu'il est possible de nous mettre d'accord en admettant :

1re *phase ou phénomène initial :* « Une force centripète provoquant des chutes verticales en vertu de la pesanteur » ou « renfoncements »

de M. P. J Holmquist ou affaissements (interprétation de M. Van de Wiele) provoquant la

2e *phase, ou phénomènes de dei ordre,* c'est-à-dire les plissements ou phénomènes tangentiels de Suess, poussée latérale, etc., donnant naissance à la

3e *phase, ou phénomènes accidentels de troisième ordre,* c'est-à-dire les effondrements (sensu stricto) localisés dans l'arrière-pays, qui ne sont que des fragments de chaînes effondrées.

Je veux bien donner aux mots affaissement et effondrement des interprétations différentes, à la condition que cette différence soit surtout fonction du temps. Pour M. Van de Wiele, qui pense que « les bassins d'affaissement s'effondrent sur les bords », c'est principalement une notion d'espace qui semble présider à la différenciation des mots affaissement et effondrement, le premier désignant le phénomène central de la chaîne, le second les phénomènes périphériques.

A mon avis, ce n'est pas une localisation dans l'espace qui doit faire éventuellement interpréter différemment ces deux termes, mais bien une localisation dans le temps, attendu que les phénomènes qu'ils représentent sont séparés par une phase intermédiaire de plissement qui est le résultat du premier phénomène et la condition du second, ce dernier n'étant que la disparition dans la profondeur, de fragments de chaînes.

Certes, comme on le voit, je ne suis pas entièrement d'accord avec M. Van de Wiele; néanmoins, je me félicite de rencontrer enfin dans mon savant confrère un partisan de la théorie exprimée par M. P. J. Holmquist en 1901 et par moi-même en 1900, considérant les chaînes plissées, non comme des phénomènes originaires d'une pression latérale, mais bien comme étant le résultat d'un appel des roches sédimentaires vers la profondeur des régions affaissées ou effondrées (sensu largo).

La séance est levée à 10 h. 40.

ANNEXE A LA SÉANCE DU 16 MAI 1905.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

A. Lacroix. — **La montagne Pelée et ses éruptions**. Paris, 1904. Volume grand in-4° de 662 pages, 30 planches et 238 figures (1).

Ce volume, superbement illustré, fort de près de 700 pages, clôt, peut-on dire, les annales relatives à la retentissante et sinistre éruption du 8 mai 1902. Le travail de M. Lacroix était impatiemment attendu, non seulement par ceux qui s'occupent spécialement des phénomènes volcaniques, mais encore par tous les géologues, et même par bien des personnes s'intéressant simplement aux sciences naturelles. On peut dire que le savant auteur a réussi à contenter l'ensemble un peu hétérogène de ses lecteurs, car son style limpide et simple s'adresse à tous, la terminologie technique ayant été réservée pour les passages spéciaux. Il faut encore féliciter M. Lacroix de la rapidité avec laquelle il a coordonné sa riche moisson d'observations et classé un grand nombre de documents réunis par les collaborateurs installés par lui, sans compter les extraits des publications antérieures. En effet, sa discussion porte sur les événements qui se sont écoulés entre le désastre de mai 1902 et la fin de 1903; le volume fut déjà publié fin 1904.

Dans une première partie, l'auteur traite de tout ce qui est relatif à la physique du globe et à la géologie de la Martinique et, incidemment, de quelques autres « soufrières » voisines (Saint-Vincent, Guadeloupe, Dominique). Au cours de ces descriptions, on apprend à connaître plus exactement la topographie du sommet de la montagne Pelée. Rappelons ici les désignations adoptées par M. Lacroix, afin de mieux suivre

(1) Volume offert à la Bibliothèque de la Société belge de Géologie par l'Académie des Sciences de Paris (N° 4635 de la Bibliothèque).

l'enchaînement des faits. La figure 27, dont un croquis simplifié est donné ci-dessous, reproduit l'ensemble du sommet; on y a inscrit les termes utilisés par l'auteur. Cette carte montre que la montagne était terminée par un ancien cratère, ou caldéra elliptique, l'Étang sec, d'environ 700 mètres sur 1 000 mètres; son fond avait une altitude d'un millier de mètres. C'était donc une cuvette n'ayant guère que 200 mètres de profondeur, dominée par divers « mornes » dont le plus hardi, formant dent, le morne La Croix, constituait le point culminant

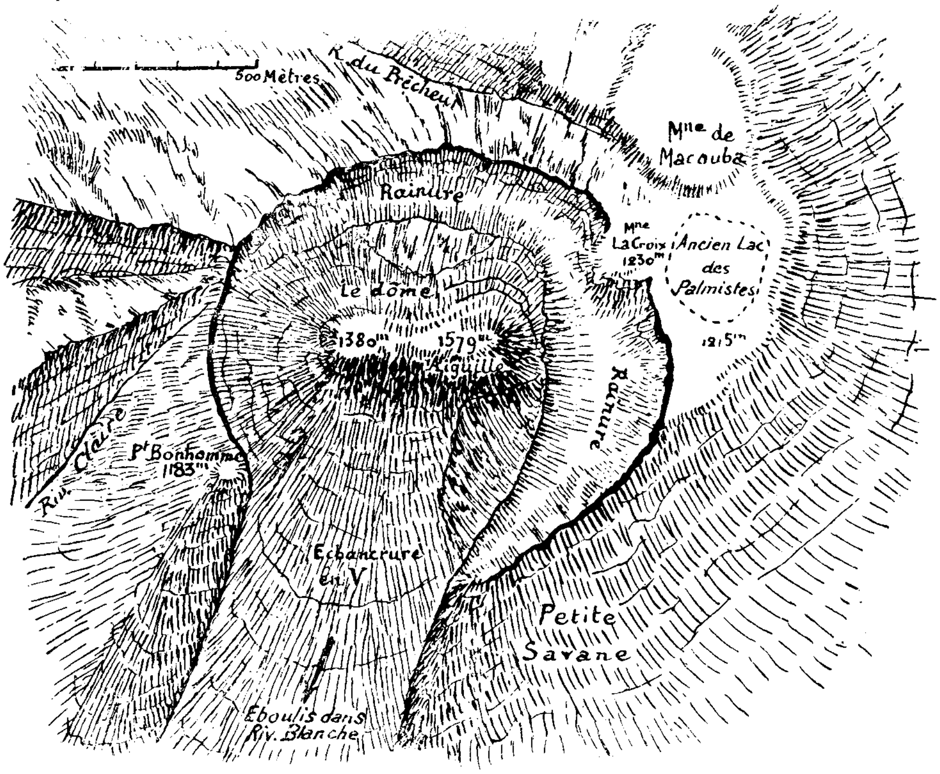


FIG. 1. — La caldéra, ou cratère, de la montagne Pelée, autrefois Étang sec; en mars 1903. Le morne La Croix, qui formait, avant l'éruption, le point culminant de la montagne, avec 1,350 mètres d'altitude, s'est écroulé successivement et n'a plus que 1,230 mètres. Le Petit Bonhomme (1,183 mètres) doit s'être partiellement écroulé depuis. L'Aiguille, cotée 1,579 mètres, a atteint, en mars, 1,617 mètres.

de l'île avec 1 350 mètres d'altitude. Le rempart circulaire de la caldéra n'était pas complet; vers le Sud-Ouest, une échancrure profonde « en forme de V », visible sur bien des photographies, l'entaillait, conduisant dans un barranco, source de la rivière Blanche. Mais la pente de

cette gorge n'était pas continue; elle débutait, à la sortie de l'échancrure en V, par un à-pic inaccessible, tombant, par gradins, à quelques centaines de mètres plus bas. Alors seulement commençait la vallée proprement dite.

La caldéra fut le lieu de la célèbre éruption. Celle-ci a été précédée de phénomènes prémonitoires peu importants : dégagements d'hydrogène sulfuré; faibles mouvements du sol; ruptures de câbles sous-marins. Peu à peu des bouffées de cendres et de vapeur se montrèrent; l'Étang sec se remplit d'eau chaude. Pourtant des visiteurs s'y rendirent encore à la fin d'avril 1902.

Le 5 mai, après des débordements torrentueux de la rivière Blanche et des projections de cendres, le faible barrage qui retenait les eaux accumulées dans l'Étang sec se rompit tout à coup, laissant échapper une énorme masse de boue brûlante et de rochers, qui dévala dans la rivière Blanche. L'importante usine Guérin, située à l'embouchure de la rivière, fut complètement enlisée. Ces crues boueuses se produisirent aussi dans les autres rivières qui rayonnent sur le manteau du volcan.

Le 8 mai, à 8 heures du matin, par temps clair, alors que le sommet de la montagne était surmonté d'une colonne de vapeur parfaitement verticale, de violentes détonations se firent entendre et une avalanche colossale de pierres, de cendres incandescentes et de vapeur se précipita par l'échancrure en V, suivit un temps la rivière Blanche, puis s'étendit sur Saint-Pierre, qui fut anéantie avec tous ses habitants. Même les navires en rade furent brûlés. Ce fut la première des « nuées ardentes » comme M. Lacroix les appelle, en reprenant le terme déjà employé pour le même phénomène dans d'anciennes descriptions des éruptions des Açores.

Ensuite, on s'aperçut qu'une modification importante se produisait dans la caldéra. Par l'échancrure, on voyait surgir un amas de lave, partiellement incandescent, refoulé lentement de bas en haut, modifiant sans cesse sa forme, car il était couvert de blocs scoriacés qui s'écroulaient de tous côtés. C'était là « le dôme », masse de lave andésitique très visqueuse, qui tendait à remplir l'Étang sec, laissant entre elle et le rempart de la caldéra un fossé demi-circulaire ou « rainure ». Sous l'influence de ce changement dans la topographie du sommet, des nuées ardentes se déversèrent par la suite de divers côtés, ce qui a augmenté la surface de dévastation.

Ces transformations se continuaient encore en octobre 1902, date à laquelle l'amas terminal livra passage, sur le côté, à un gigantesque

bouchon de lave, qui se solidifiait au fur et à mesure qu'il était poussé au travers de la carapace du dôme. Ce monolithe, « l'aiguille » comme l'appelle M. Lacroix, s'effritait, s'écroulait même, pour se reconstituer sous des aspects divers. La succession de ces faits est très bien résumée par les quatre coupes de la figure 28 de l'auteur, qui est reproduite ci-dessous (fig. 2).

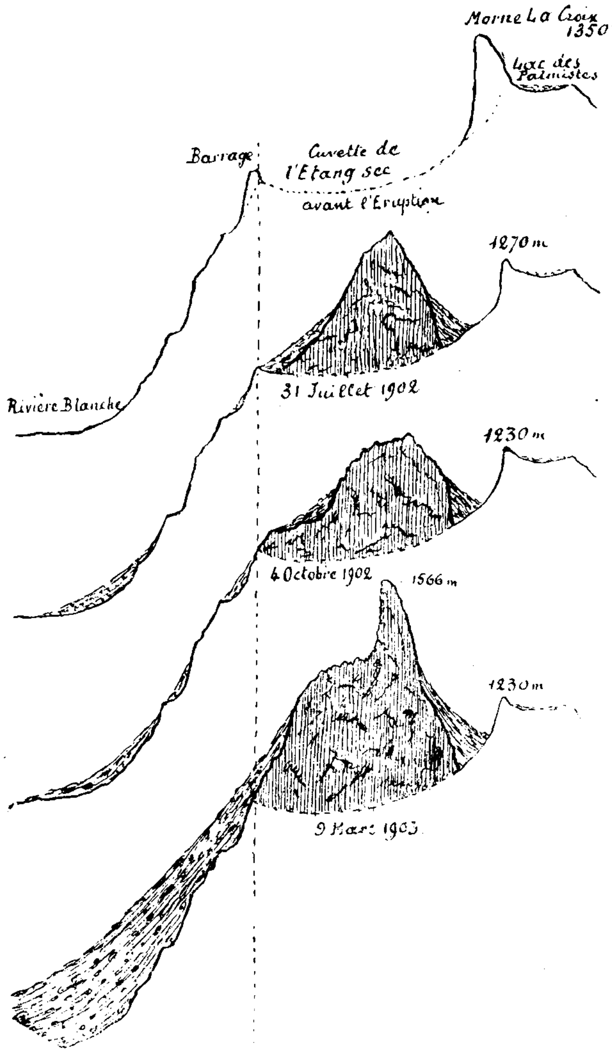


Fig. 2. — Coupes Nord-Est—Sud-Ouest de la caldéra, avant et au cours de l'éruption, montrant les diverses phases de développement du dôme, de l'aiguille et du talus d'éboulis, qui descend dans la haute-vallée de la rivière Blanche.

Enfin ces phénomènes, aussi intéressants que terrifiants, se compliquèrent de manifestations accessoires, qui donnèrent d'abord lieu à des interprétations erronées. Les nuées ardentes déversaient d'énormes masses de cendres, à très haute température, dans les vallées, puisqu'on leur trouvait encore plus de 200° à 10 centimètres de profondeur, à 6 ou 7 kilomètres du cratère; dans ces conditions, les eaux de pluie et d'infiltration entraient en ébullition et formaient de petits geysers, avec cônes de plusieurs mètres de hauteur, bientôt ensevelis sous de nouveaux apports, ou ravinés par les averses tropicales. Ces éruptions boueuses, également observées sur une grande échelle à Saint-Vincent, ont fait croire à des fissures volcaniques, des cratères adventifs, etc.

Une des conséquences du début de l'éruption qui a suscité bien des suppositions, fut la rupture des câbles sous-marins, dont l'un fut même ramené enroulé autour d'un débris d'arbuste n'ayant que peu séjourné dans l'eau. Par une patiente discussion des faits, M. Lacroix en arrive à supposer qu'il s'agit d'un enfouissement du câble sous des avalanches boueuses, coulant dans la mer sur la pente très rapide devant Saint-Pierre. Stübel était porté à voir dans les arrachements des câbles l'action de coulées sous-marines, ce que M. Lacroix réfute, sans doute victorieusement, lorsqu'il rappelle l'analogie évidente entre l'éruption de la Martinique et celle de Santorin. Mais il ne faudrait pas, me semble-t-il, paralléliser complètement les deux éruptions, car il ressort des observations faites à Santorin et des cartes et reliefs levés sur place par Stübel, ainsi que des explications détaillées qu'il a bien voulu me donner, que l'édification du Georgios a été accompagnée d'une coulée. Cela ne change d'ailleurs rien à la conclusion générale de M. Lacroix, avec laquelle les derniers écrits de Stübel sont d'accord, à savoir que dans les deux cas, il s'est surtout agi du gonflement d'une masse de lave excessivement visqueuse. Ces exemples de cette forme éruptive ne sont, au surplus, pas les seuls, car l'émersion de l'île Bogosloff s'est faite de la même façon, ainsi que je le rappelais récemment (1); enfin, un amas ayant au moins partiellement cette origine s'est formé au Vésuve lors des dernières éruptions.

Mais revenons au dôme de la montagne Pelée. M. Lacroix établit que l'amas de pâte andésitique a commencé à envahir la caldéra de l'Étang sec peu après la ruine de Saint-Pierre. Pendant tout un temps, les vapeurs et le brouillard rendaient son étude impossible; plus tard, des

(1) *Bull. Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol.,* séance du 18 novembre 1902.

mesures et des observations précises permirent de constater le gonflement continu du dôme, ainsi que le remplissage de la rainure par l'éboulement des débris de sa carapace et par l'émiettement des bords de la caldéra.

Ensuite se produisit le phénomène imprévu, excitant au plus haut degré l'attention de ceux qui en furent témoins, de l'extrusion de l'aiguille incandescente. Elle avait environ 50 mètres de diamètre et atteignit par la suite jusque 350 mètres de hauteur au-dessus de sa base, c'est-à-dire d'un point situé excentriquement sur le dôme. Par des mesures au théodolite et des croquis, on suivit les progrès de sa croissance; elle se faisait avec une rapidité variable, allant jusqu'à 10 mètres en vingt-quatre heures. Une fois même l'augmentation fut de 60 mètres en trois jours. Par deux cents croquis et photographies, — ces dernières remarquablement réussies, — chacun peut aujourd'hui se rendre compe des incessantes modifications subies par l'aiguille en une année. Un diagramme récapitulatif établit que les écroulements du monolithe, et ses montées, étaient particulièrement liés aux expulsions de nuées ardentes.

La colonne d'andésite, ainsi passée en quelque sorte à la filière, était non seulement striée longitudinalement à cause des irrégularités de l'ouverture qui lui livrait passage, mais on y voyait aussi des cannelures transversales amenées par les à-coups dans son extrusion. Si elle était restée d'une pièce, elle eût atteint une longueur de 850 mètres environ. Le volume, basé sur cette mesure et sur un diamètre moyen de 150 mètres, est d'à peu près 15 millions de mètres cubes; tandis que le volume du dôme est évalué, approximativement, à plus de 100 millions de mètres cubes.

En décembre 1903, l'aiguille était définitivement écroulée; la montagne n'était plus dominée que par la masse déchiquetée du dôme. Les matériaux qui constituent l'ensemble de l'amas terminal s'étant consolidés dans des conditions variables de température et de durée, doivent constituer des produits de cristallinité différente, M. Lacroix distingue quatre types d'andésite :

I. à facies obsidiennique;
II. à facies ponceux;
III. andésite poreuse;
IV. andésite quartzifère.

Tous contiennent des cristaux de feldspath plagioclase avec disposition zonaire habituelle, de l'hypersthène, de la titano-magnétite; acces-

soirement : l'ilménite, l'olivine, l'augite, la hornblende, l'apatite. Ces roches sont étudiées dans un chapitre spécial, comme on le verra plus loin.

Passons sur les détails relatifs aux fumerolles et aux projections boueuses, pour arriver aux nuées ardentes, qui sont la caractéristique de cette mémorable éruption. Après l'étude suivie qu'il a faite sur place, M. Lacroix les assimile à des émulsions de vapeur d'eau et de cendres, portées à une température de 1 100°, et qui avaient souvent encore plus de 200° près du bord de la mer, à 6 kilomètres du cratère. Ces nuées partaient du dôme, près de l'échancrure en V. Elles dévalaient avec une vitesse allant jusque 50 mètres à la seconde, dans la rivière Blanche, roulant devant elles d'énormes blocs incandescents et couvrant tout d'une fine poussière brûlante, blanche comme neige. Ces observations sont confirmées par d'impressionnantes photographies, montrant qu'en même temps que les avalanches glissaient dans le lit de la rivière, faisant souvent croire à une coulée de lave, les matériaux les plus fins et la vapeur s'en dégageaient, dilatant la nuée jusqu'à 4 000 mètres de hauteur, répandant la pluie et les cendres sur des espaces étendus. Les remblais produits par ces apports furent si considérables, que le ravin de 100 mètres de profondeur qui formait la haute vallée de la rivière Blanche, se combla.

A la lumière de ces faits, corroborés d'ailleurs par la discussion des récits des témoins, on se rend compte de ce qu'a dû être la catastrophe du 8 mai 1902 : une nuée ardente, plus colossale, plus rapide, donc plus chaude encore que celles dont on vient de parler, s'est abattue sur Saint-Pierre, rasant la ville et brûlant ceux de ses habitants qui n'étaient pas écrasés sous les décombres. Il est évident qu'une seule inhalation du mélange brûlant de vapeur et de cendres devait entraîner la mort. D'autres gaz vénéneux, l'hydrogène sulfureux notamment, quoique présents dans les nuées, s'y trouvent en trop minime quantité pour qu'on leur assigne un rôle dans le cataclysme. Deux personnes seulement survécurent à la ruine de la malheureuse ville : un nègre enfermé dans un cachot, et un cordonnier.

Un refoulement d'air, analogue à ceux qui précèdent les glissements de montagnes, a devancé la nuée. Une rafale de retour, attribuée à la détente de l'air comprimé par l'avalanche, ainsi qu'à la dépression amenée par le refroidissement des cendres et la condensation de la vapeur, a été constatée après son passage.

Les actions mécaniques dépassent l'imagination. Les faubourgs et usines du Nord de la ville, qui subirent les premiers le choc de la nuée,

disparurent *sans laisser de traces;* ensuite les effets dévastateurs décrurent en intensité sur les 4 kilomètres que la trombe brûlante parcourut encore. Les rues principales étant parallèles à l'alignement de la plage et aussi à la direction de la nuée, les murs orientés perpendiculairement furent surtout emportés. En conséquence, les vues prises du large, face à la ville, montrent les façades conservées et donnent l'illusion d'une démolition incomplète; les photographies levées dans une direction normale établissent, au contraire, combien la ruine fut entière. Elle a, du reste, été parachevée par les paroxysmes ultérieurs, notamment celui du 30 août suivant.

Les détails dans lesquels entre M. Lacroix montrent que les effets mécaniques sont à comparer à ceux d'un cyclone. En voici quelques exemples : A peu de mètres de la zone dévastée, d'humbles cabanes restèrent debout, et des personnes furent roulées sur le sol sans trop de mal; les effets destructifs étaient plus ou moins violents suivant les accidents du sol; les arbres furent décortiqués et entaillés par les objets tranchants (tôles, ferrailles); les grands réservoirs métalliques des rhummeries ont été criblés de trous, non par les matériaux projetés par le volcan ainsi qu'on l'avait cru, mais par le bombardement des pierres arrachées aux constructions.

Le savant auteur a tenté d'évaluer la vitesse de cette poussée formidable, en partant de la formule $F = 0.113\, SV^2$ et en se basant sur le poids de certains édifices de forme connue, tels que le phare et une grande statue en bronze de la Vierge. Les résultats sont :

Phare : 1 920 kilogr. par m^2; vitesse 131 mètres à la seconde.
Statue : 1 930 — — vitesse 127 — —

Enfin, si l'on prend pour base d'évaluation le temps que la nuée a mis pour aller du cratère à la ville, non pas égal à quelques secondes comme on l'a parfois dit, mais égal à une minute, ou une minute et dix secondes, ainsi qu'il se déduit des récits les plus dignes de foi, on arrive encore à des valeurs du même ordre, qui sont aussi celles que l'on admet pour les cyclones les plus violents.

Les actions calorifiques constatées sur les ruines dépendent, d'une part, de l'accumulation de cendres brûlantes, conservant leur chaleur pendant un temps variable, d'autre part, des incendies allumés par des causes diverses. Les circonstances locales ont joué ici un grand rôle, clairement mis en évidence par l'auteur. Tous faits discutés, on peut admettre une température maxima de 450° pour les matériaux volcaniques déversés sur la ville. Les blessés qui ont survécu furent brûlés

par un mélange de cendres et de vapeur voisin de 100° et même moins, mais d'autant plus dangereux qu'il poissait sur le corps et les vêtements; souvent ces derniers n'étaient pas consumés. Comme on n'a guère retrouvé que 4,500 cadavres sur environ 30,000, la majeure partie de la population a été enfouie sous les décombres, ou projetée dans la mer.

Les éclairs qui sillonnaient souvent les nuées ardentes n'ont eu aucune part reconnaissable dans ces sinistres.

Les chapitres suivants décrivent et figurent les dévastations exercées par les éruptions qui succédèrent à celle du 8 mai. Ils contiennent un paragraphe consacré aux projections éruptives comparables, avec plus ou moins de certitude, aux nuées ardentes des volcans des Antilles. Quelques-unes de ces citations concordent avec celles que j'avais également mentionnées dans de courtes notes sur la montagne Pelée : la destruction de Pompéi; les nuées ardentes de San Jorge (Açores); l'explosion du Bandaï, l'éruption du Semerou et du Papandaïan (Java). Je crois devoir y ajouter l'anéantissement d'une armée hawaïenne lors d'un paroxysme de Kilauea, dont le récit a été conservé par Brigham (1). Enfin, à Santorin, Schmidt a noté et dessiné des déversements obliques de cendres (*Aschensäcke*) qui paraissent être une réduction des nuées ardentes (2).

Il faut lire dans l'œuvre même de M. Lacroix les nombreux détails qui viennent ensuite sur la répartition des matériaux rejetés par le volcan et sur les phénomènes secondaires, tels que fumerolles superficielles; sources thermales éphémères; réactions de toute nature se produisant dans les cendres brûlantes; érosions intenses; enfin, les mélanges des dépôts anciens et modernes, si bien étudiés par l'auteur. En passant, on apprend comment se forment, par enrobage et charriage, les amas pisolithiques fréquents dans les dépôts éruptifs.

Les phénomènes électriques, magnétiques, météorologiques, les mouvements de la mer, la plupart de faible intensité, terminent la première partie du livre.

La deuxième est consacrée aux recherches pétrographiques. On sait que M. Lacroix est un maître en cette matière, en sorte que cette partie de son travail est des plus instructives, surtout que l'auteur ne se borne pas à une aride description des échantillons recueillis. Sans

---

(1) Extrait de SHELDON DIBBE, *History of the Sandwich Islands*, 1843.
(2) *Studien über Vulkane und Erdbeben*, 1881.

cesse l'intérêt du lecteur est mis en éveil par des déductions touchant à des questions de minéralogie et de géologie. La montagne Pelée apparaît comme un vaste champ d'expériences, où se réalisèrent une foule de ces réactions à haute température dont l'étude est depuis longtemps un objet de prédilection pour les chimistes et les minéralogistes français.

Après avoir montré les transformations subies par l'andésite suivant les conditions dans lesquelles elle se consolidait et qui fournirent les trois premiers types énumérés plus haut, M. Lacroix examine la genèse du type quartzifère (IV), dont l'importance théorique est considérable. C'est, en effet, la première fois que l'on surprend le mécanisme de formation d'une semblable roche.

Ces échantillons proviennent de l'aiguille terminale. L'analyse microscopique établit que la silice a cristallisé après le feldspath, par conséquent en dessous du point de consolidation de l'andésite (1150°) et à 700°, au moins, en dessous du point de fusion du quartz. Il a donc fallu l'intervention de l'eau, agissant simplement en vase clos (la carapace du dôme), comme dans les expériences de laboratoire, pour amener l'excès de silice à cristalliser. C'est là une précieuse indication, qu'on mettra à profit dans les discussions relatives à l'origine des roches quartzifères anciennes.

Quant à la tridymite, M. Lacroix montre qu'elle ne se produit pas dans les vacuoles de la roche au moment de sa solidification; ce minéral résulte de la circulation prolongée de vapeurs à haute température dans la roche consolidée.

Les bombes, les brèches, les enclaves (andésites cordiéritisées) sont aussi l'objet de bien des paragraphes où abondent les aperçus ingénieux.

Les derniers chapitres traitent des roches volcaniques anciennes de la Martinique; elles se classent comme suit :

Hypersthène abondant; l'augite manque.	Série dacito-andésitique	avec quartz = *dacites*.
		sans quartz = *andésilabradorites*.
Hypersthène manque; l'augite abonde.	Série basaltique.	avec quartz = *basaltes quartzifères*.
		sans quartz = *labradorites et basaltes normaux*.

Mentionnons parmi ces roches le basalte quartzifère (pointe Burgos au Sud de l'île), montrant la curieuse association de labrador (englobant parfois de la cordiérite), d'augite, d'olivine et de grains de quartz ayant jusque 4 millimètres de diamètre.

Pour l'auteur, ces divers matériaux ne sont que les produits d'évolu-

tion d'un même magma. Le coup d'œil rapide qu'il jette sur les roches des îles voisines confirme l'opinion qu'elles font toutes partie d'une même province pétrographique. C'est une conclusion qui me semble concorder aussi avec l'hypothèse de Stübel, que le groupe des Antilles appartient à un même foyer, ou groupe de foyers périphériques.

La troisième et dernière partie du livre est réservée à l'examen des produits de l'incendie de Saint-Pierre. Il me sera permis de dire que j'en ai trouvé la lecture particulièrement instructive, à cause des nombreuses questions touchant à la fois à la synthèse minérale et à l'archéologie qui y sont soulevées. L'étude des ruines de la ville présentait un intérêt particulier, parce qu'elle était bâtie avec les mêmes roches que celles du volcan, de sorte que leur fusion, dans les conditions les plus diverses, en présence de matériaux de toute nature, a fourni des magmas variés, importants au point de vue théorique.

Après quelques pages consacrées aux transformations des substances organiques, M. Lacroix examine les métaux. Curieuses sont les formations de cuprite et de chalcotrichite au détriment du cuivre, ainsi que les modifications de clous en zinc devenus holocristallins, et certaines transformations du fer. Ensuite vient le verre, avec sa dévitrification en wollastonite monoclinique (comme celle des roches) et en un nouveau minéral voisin. Enfin, les matériaux céramiques sont passés en revue.

Les produits de fusion des roches andésitique sont une portée spéciale, comme on vient de le dire. A certaines places, la chaleur avait été assez violente pour que les murailles se soient fondues et aient donné naissance à de petites coulées. Ces « laves secondaires » entrant en contact avec du mortier, du fer, du zinc, etc., furent le siège de réactions métamorphiques applicables aux magmas naturels. Remarquable est le fait que parfois la pâte seule de la roche subissait une transformation, tandis que les cristaux y contenus restaient indemnes; aussi de nouveaux minéraux s'ajoutèrent aux anciens, alors que la température restait souvent au-dessous de 1600 et même de 1200°.

Ce rapide sommaire n'a pas la prétention de résumer l'œuvre de M. Lacroix. En lui donnant une extension dépassant les limites habituelles d'un compte rendu, j'ai voulu montrer la richesse et la diversité de ce livre de haute portée, afin d'inviter à le lire ceux qui, à des titres divers, se sont intéressés à l'éruption de la Martinique. Je ne saurais mieux caractériser, en peu de mots, son importance, qu'en disant qu'il vient se placer, dans la littérature spéciale, à côté de l'étude magistrale de Fouqué sur l'île de Santorin. W. Prinz.

NOTES ET INFORMATIONS DIVERSES

Tremblement de terre dans l'Inde anglaise.

Le 4 avril, un peu après 6 heures du matin, un violent tremblement de terre a secoué l'Inde anglaise, et principalement la partie Nord-Ouest de ce vaste empire. On a ressenti onze secousses distinctes, dont une a duré trois minutes. Aucun grondement souterrain n'avait annoncé le phénomène. La direction était de l'Ouest à l'Est.

Des dommages énormes ont été la conséquence de cette commotion sismique exceptionnelle. On a eu à déplorer non seulement l'écroulement de beaucoup d'édifices et d'un nombre considérable de maisons, mais aussi la mort de plusieurs milliers de personnes.

D'après les premiers renseignements obtenus, ce tremblement de terre, comme tous les grands ébranlements terrestres qui se produisent dans cette région de l'Asie méridionale, a eu son origine dans l'Himalaya, le centre du mouvement étant dans le voisinage de Dharmsala.

L'intensité du choc alla en décroissant à travers le Punjab et les Provinces-Unies, et très rapidement du Rajputana au Nord. Il ne semble pas que la commotion se soit fort étendue vers l'Assam et l'Afghanistan, mais les informations reçues de l'Ouest sont très incomplètes jusqu'ici.

L'aire dans laquelle les plus grands dégâts ont eu lieu est comprise à l'intérieur d'une courbe passant de Shalspur à Jawalamukhi, puis à l'Est à Suganpur, et ensuite à Baignath, mais on n'est pas renseigné sur ce qui s'est passé à l'Est de cette zone.

La ville de Lahore a été particulièrement éprouvée.

On n'a pas de nouvelles des régions au Nord de Kashmir, mais deux jours avant le tremblement, les stations météorologiques du Punjab signalèrent l'arrivée de bourrasques transportant de grandes quantités de poussières et de cendres. Les indigènes venus à Simla de l'intérieur du pays annoncèrent qu'une éruption volcanique s'était produite dans les montagnes de l'État de Bashahr.

Tous les sismomètres d'Europe ont enregistré d'une façon très nette ce grand tremblement de l'Inde. A l'Observatoire d'Uccle, les premiers symptômes ont été remarqués dans la nuit du 3 au 4, à $0^h59^m38^s$. Le pendule dirigé du Sud-Ouest au Nord-Est était le plus agité; sur le diagramme fourni par ce pendule, ces premiers mouvements ont eu une durée de sept minutes trente secondes. La période des grandes ondes n'a pas été enregistrée, à cause de la forte amplitude des oscillations; la période finale s'est prolongée jusque vers 4 heures du matin.

Trois autres secousses, de moindre importance et provenant d'épicentres plus rapprochés, ont été enregistrées : l'une dans la soirée du 3, à $16^h10^m10^s$; les deux autres à 10^h33^m et $11^h8^m24^s$, le 4 au matin.

Les barreaux aimantés, quoique agités pendant les journées du 1er au 6, n'ont rien

donné de particulier à l'heure précise où les secousses ont été ressenties par le sismographe.

A l'Observatoire d'Édimbourg, les premiers frémissements se produisirent, comme à Uccle, vers 1 heure du matin; les grandes oscillations commencèrent huit minutes plus tard. Le *maximum* de perturbation eut lieu à 1h30m, et fut suivi, une minute et demie après, d'un maximum presque aussi important que le précédent. A partir de ce moment, les secousses allèrent en diminuant jusqu'à 4h43m. La différence de temps entre Édimbourg et Dharmsala est de cinq heures environ.

A la station centrale sismologique de Strasbourg, les vibrations préliminaires ont été enregistrées à 0h58m26s (heure de l'Europe occidentale).

Une grossière approximation, en attendant des détails plus circonstanciés sur l'heure exacte des secousses à leur point d'origine, permet de dire que celles-ci se sont transmises jusqu'à nous avec une vitesse moyenne de 3 à 4 kilomètres à la seconde.

Le 9 avril, une forte secousse, d'une durée de six secondes, a été observée à Benevento, en Italie.

Le même jour, ainsi que le 10, on a vu s'échapper du cratère de la montagne Pelée (Martinique) une épaisse fumée. Les jours suivants, l'activité du volcan augmenta et le 12 se produit une éruption importante, accompagnée de légères secousses de tremblement de terre.

Il résulte de ces faits que nous semblons traverser de nouveau une période de forte agitation sismique. Et ce qui tendrait encore à le prouver, c'est la nouvelle que l'on vient de recevoir au sujet du fameux volcan Kilauea, des îles Hawaï, qui depuis treize ans était en complet repos. Il s'est réveillé à la fin de février, et il en est sorti d'épais nuages de fumée et de la lave. On s'attendait, un mois plus tard, à une éruption assez violente, rappelant celles qui ont rendu le Kilauea si célèbre dans l'histoire des convulsions du globe.

(Extr. de *Ciel et Terre,* 26e année, no 4, 16 avril 1905, pp. 97-99.)

La tempête du 31 décembre 1904 dans la Baltique occidentale.

Edward Suess, dans la *Face de la Terre,* a attiré nettement l'attention sur le rôle des tempêtes dans la formation des lignes de rivage, des cordons littoraux et dans la submersion des forêts et des tourbières, lorsque ces tempêtes ont pour théâtre des mers fermées où elles peuvent déterminer des embâcles. Il en a donné comme exemple saisissant la tempête d'Est et de Nord-Est qui, du 12 au 14 novembre 1872, dévasta les rivages de la Baltique occidentale et y laissa des traces qu'on pourrait prendre, à un examen superficiel, pour les indices d'un mouvement négatif de la ligne du littoral (1). La grande tempête de Nord-Est qui s'est produite tout récemment, le 31 décembre 1904, et qu'étudie M. Charles Rabot (2), semble avoir eu des effets géologiques presque aussi remarquables que celle de 1872, et confirmer singulièrement la justesse des vues de Suess. Tout le littoral baltique de l'Allemagne, les côtes Sud et Est des îles danoises, la pointe Sud-Est de la Suède ont été submergées, des villes inondées, des ports dévastés, des terres fertiles ravagées, des lignes de chemin de fer

(1) Ed. Suess, *La Face de la Terre* (trad. de Margerie), II, pp. 683-685.

(2) Charles Rabot, *La tempête du 31 décembre 1904 dans la Baltique occidentale* (La Géographie, XI, 15 janvier 1905.)

coupées. C'est surtout à l'entrée du Sund que la montée de la mer a été extraordinaire; elle a atteint 3m10 à Trelleborg (Suède méridionale) et à Köge (île Seeland); la première de ces villes fut inondée, la mer recouvrit les voies ferrées partant de la seconde et pénétra loin à l'intérieur des terres. Sur la côte Est de Falster, le niveau a atteint 2m20; à Kiel, 2m65; à Lubeck, 2m33; à Wismar, 2m60 au-dessus de la normale. Les côtes Ouest des îles, abritées contre l'ouragan, ont beaucoup moins souffert. Partout, en somme, dans ces parages, la Baltique a couvert de ses dépôts les terres basses émergées en temps ordinaire, et exercé des érosions à un niveau notablement supérieur au plan normal de ses eaux. On voit donc combien Suess avait raison de recommander la prudence dans l'examen des anciennes lignes de rivages, lorsqu'elles se présentent dans des passes resserrées où les ouragans peuvent amonceler les eaux, et combien il faut se garder, dans ce cas, de conclure trop vite à un mouvement négatif.

(Extr. des *Annales de Géologie,* 15e année, no 74, 15 mars 1905, pp. 180-181.)

La disparition du grand lac Salé.

Tout le monde connaît de réputation cette sorte de mer Morte américaine au nom de laquelle s'associe si intimement la fameuse secte des Mormons; or, cette nappe d'eau salée est en train de disparaître, comme le prouvent les multiples observations dont M. Byers se fait l'écho dans *Scientific American.* Les plus savants observateurs affirment qu'avant un demi-siècle ce sera une chose du passé. De la fin de 1886 à la fin de 1902, l'abaissement du niveau du lac a été de 3m50, et actuellement la décroissance annuelle dépasse 30 centimètres, alors que la partie la plus profonde de la nappe ne descend pas plus bas que 12 mètres. Rappelons, d'autre part, que des observations géologiques permettent d'inférer que le lac Salé avait jadis un niveau plus élevé de 180 mètres au moins que sa surface actuelle. Cette mer intérieure étrange est à une altitude de près de 1 300 mètres au-dessus du niveau de l'océan.

(Extr. de *Ciel et Terre,* 26e année, no 4, 16 avril 1905, p. 100.)

SÉANCE MENSUELLE DU 20 JUIN 1905.

Présidence de M. **A. Kemna**, *président.*

La séance est ouverte à 8 h. 30. (25 membres sont présents.)

Correspondance.

M. *Bolinne,* secrétaire administratif, retenu par la maladie, s'excuse de ne pouvoir assister à la séance.

M. le docteur *Van de Wiele* annonce qu'il compte intervenir dans les frais de tirage de la carte accompagnant son mémoire sur la tectonique des Alpes.

La famille de M. *A. Potier*, Ingénieur en chef des Mines, Professeur à l'École des Mines, membre honoraire de notre Société, nous fait part du décès de notre confrère. — *Condoléances.*

Notre collègue, M. *Cavallier*, directeur des Hauts Fourneaux et fonderies de Pont-à-Mousson, en nous transmettant un nouveau mémoire sur les recherches de houille en Lorraine, annonce qu'il tiendra la Société au courant des découvertes qui pourraient être faites dans la région.

M. *Lecointe,* secrétaire de la Section des Sciences à l'Exposition de Liége, fait savoir que le *Comité exécutif* réclame 12 francs par jour pour l'éclairage de notre station sismique. L'assemblée regrette ce contretemps; elle émet l'avis que de même que l'emplacement, la lumière doit lui être cédée gratuitement, sinon la station établie par la Société sera fermée au public.

M. *Lagrange* demande à être délégué au Congrès de Géologie appliquée. La Société est heureuse d'être représentée par lui.

La *Société géologique de France* envoie le programme de la session annuelle extraordinaire qui aura lieu à Turin et Milan au mois de septembre.

M. *Mourlon* annonce que M. Stanislas Meunier et ses élèves du Museum de Paris lui ont demandé de diriger une excursion dans la vallée de la Lesse. Il demande que la Société veuille bien engager ses membres à participer à cette excursion et à recevoir avec lui les visiteurs français. Vu le peu de temps disponible, et la maladie du secrétaire administratif, il est décidé qu'un avis ne sera envoyé qu'aux membres participant fréquemment aux excursions.

Dons et envois reçus : 1° Extraits des publications de la Société :

4722. ... *Bulletins bibliographiques des séances des 4 et 18 avril 1905.* Procès-verbaux de 1905. 22 pages (2 exemplaires).

4723. **J. Cornet.** *L'allure de la surface des terrains primaires et celle des couches crétacées et tertiaires dans la région de Douai, d'après un récent travail de M. J. Gosselet.* Procès-verbaux de 1905. 10 pages (2 exemplaires).

4724. **d'Andrimont, R.** *Note préliminaire sur une nouvelle méthode pour étudier expérimentalement l'allure des nappes aquifères dans les terrains perméables en petit. — Application aux nappes aquifères qui se trouvent en relation directe avec les eaux de mer.* Procès-verbaux de 1905. 6 pages (2 exemplaires).

4725. **d'Andrimont, R.** *Quelques remarques formulées à la suite de l'article bibliographique de M. van Ertborn sur le travail de M. E. Dubois, intitulé : « Études sur les eaux souterraines des Pays-Bas. — L'eau douce du sous-sol des dunes et des polders. »* Procès-verbaux de 1905. 4 pages (2 exemplaires).

4726. **d'Andrimonf, R.** *L'allure des nappes aquifères contenues dans les terrains perméables en petit, baignés par la mer. — Résultats des recherches faites en Hollande démontrant l'exactitude de la thèse soutenue par l'auteur en ce qui concerne le littoral belge.* Procès-verbaux de 1905. 12 pages (2 exemplaires).

4727. **Deblon, A.** *Résumé d'une étude de M. Gosselet sur les nappes aquifères de la craie au Sud de Lille.* Procès-verbaux de 1905. 5 pages (2 exemplaires).

4728. **Deladrier, E.** *Contribution à l'étude de la tectonique de la Belgique.* Procès-verbaux de 1905. 4 pages (2 exemplaires).

4729 **Limburg-Stirum (Comte Ad. de).** *Deux trouvailles dans les tourbières de l'Ardenne.* Procès-verbaux de 1905. 4 pages (2 exemplaires).

4730. **Dubois, E.** *Études sur les eaux souterraines des Pays-Bas. — L'eau douce du sous-sol des dunes et des polders.* (*Résumé bibliographique.*) Procès-verbaux de 1905. 7 pages (2 exemplaires).

4731. **Lorié, J.** *Bulletin bibliographique : 1° Dr A. Philippson : Excursion scientifique : « Sept Montagnes-Rhin-Eifel-Moselle ».*
2° Dr E. Kaiser : La formation de la vallée du Rhin entre le bassin de Neuwied et l'anse de Bonn-Cologne. Procès-verbaux de 1905. 3 pages (2 exemplaires).

4732. **Rutot, A.** *Sur la présence de l'assise de Herve dans le sous-sol de Bruxelles. — Sur l'âge de la glauconie de Lonzée.* Procès-verbaux de 1905. 5 et 6 pages (2 exemplaires).

4733. **Sacco, F.** *Les formations ophitifères du crétacé.* Mémoires de 1905. 20 pages et 1 planche (2 exemplaires).

4734. **Simoens, G.** *Sur les effondrements et les plissements.* Procès-verbaux de 1905. 8 pages (2 exemplaires).

4735. **Simoens, G.** *Deuxième note sur la tectonique de la vallée de la Senne.* Procès-verbaux de 1905. 22 pages (2 exemplaires).

4736. **Van den Broeck, E.** *Notions acquises sur l'hydrologie de la craie en Belgique.* Procès-verbaux de 1905. 3 pages (4 exemplaires).

4737. **van Ertborn, O.** *Les sondages houillers en Campine. Étude critique et rectificative au sujet des interprétations données jusqu'ici aux coupes des morts-terrains tertiaires et quaternaires.* Mémoires de 1905. 114 pages et 4 planches.

2° De la part des auteurs :

4738. ... *A Guide to the Fossil Mammals and Birds in the department of geology and palæontology in the British Museum (Natural history) of London.* Londres, 1904. Volume in-8° de 100 pages, 6 planches et 88 figures.

4739. **Fletcher, L.** *British Museum (Natural history) of London. Mineral Department. An introduction to the study of Meteorites, with a list of the Meteorites represented in the collection on January 1, 1904.* Londres, 1904. Volume in-8° de 109 pages.

4740. **Gentil, L.** *Sur l'existence de roches alcalines dans le Centre africain.* (3 pages.)

Foureau, F., et **Gentil, L.** *Sur les roches cristallines rapportées par la Mission saharienne.* (2 pages.)

Foureau, F., et **Gentil, L.** *Les régions volcaniques traversées par la Mission saharienne.* (2 pages.) Paris. Extraits in-4°, 1904-1905.

4741. **von Heigel, Th.** *Zum Andenken an Karl von Zittel.* Munich, 1904. Extrait in-4° de 17 pages.

4742. **Hoernes, R.** *Mitteilungen der Erdbeben-Kommission der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien. Neue Folge. N° XXIV. Berichte über das Makedonische Erdbeben vom 4. April 1904.* Vienne, 1904. Extrait in-8° de 54 pages.

4743. **Jonker, H. G.** *Bijdragen tot de kennis der sedimentaire zwerfsteenen in Nederland. 1. De Hondsrug in de provincie Groningen. 2. Bovensilurische zwerfsteenen. Tweede mededeeling : Zwerfsteenen van den ouderdom der oostbaltische zonen H en I.* Groningue, 1905. Extrait in-8° de 13 pages.

4744. **Lapponi, G.** *In memoria del Prof. M. Francesco Regnani.* Rome, 1905. Extrait in-8° de 18 pages et 1 portrait.

4745. **Laska, W.** *Mitteilungen der Erdbeben-Kommission der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien. Neue Folge. N° XXII. Bericht über die seismologischen Aufzeichnungen des Jahres 1902 in Lemberg.* Vienne, 1903. Extrait in-8° de 37 pages.

4746. **Laska, W.** *Mitteilungen der Erdbeben-Kommission der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien. Neue Folge. N° XXIII. Ueber die Verwendung der Erdbebenbeobachtungen zur Erforschung des Erdinnern.* Vienne, 1904. Extrait in-8° de 13 pages.

4747. **Mieg, M.** *Excursions géologiques en Alsace et dans les pays voisins, Excursion à Ober-Eggenen et Kandern.* Rennes, 1905. Extrait in-8° de 6 pages.

4748. **Nicklès, R.** *Sur les recherches de houille en Meurthe-et-Moselle.* Paris, 1905. Extrait in-4° de 4 pages.

4749. **Nicklès, R.** *Sur les plis couchés de Saint-Jean-de-Buèges (Hérault).* Paris, 1905. Extrait in-4° de 3 pages.

4750. **Pringsheim, A.** *Ueber Wert und angeblichen Unwert der Mathematik.* Munich, 1904. Extrait in-4° de 44 pages.

4751. **Sacco, F.** *Essai sur l'orogénie de la Terre.* Turin, 1895. Brochure in-8° de 51 pages et 1 planche, accompagnée d'un globe.

4752. **Smallwood, M.-E.** *The Salt-Marsh Amphipod : Orchestia Palustris.* Brooklyn, 1905. Extrait in-8° de 21 pages et 3 planches.

La Bibliothèque de la Société ainsi que le Service géologique se transportent au Parc du Cinquantenaire; il convient donc de ne pas s'y adresser pour le moment. Après le déménagement, M. *le Président* espère que les membres profiteront, en grand nombre, de notre riche bibliothèque.

Adoption des procès-verbaux de janvier à avril 1905.

M. *le Président* demande si personne n'a d'observations à faire concernant les procès-verbaux des séances de janvier à avril, qui ont paru dans le *Bulletin* distribué récemment aux membres. Il déclare ces procès-verbaux adoptés, sans observations.

D'une note de M. le Trésorier, il résulte que le coût du *Bulletin* de 1904 s'est élevé à 5,569 francs, dépassant de 1,069 francs les prévisions de notre budget. Il est donc nécessaire de continuer à être très concis dans nos publications, d'éviter les frais de remaniement et les planches coûteuses.

Présentation et élection de nouveaux membres effectifs :

Sont présentés et élus par le vote unanime de l'assemblée :

M. Vinçotte, lieutenant d'artillerie, 101, rue de la Consolation, à Schaerbeek, présenté par MM. Greindl et Van den Broeck.

M. Giminne, lieutenant détaché à l'Institut cartographique militaire, 103, boulevard Militaire, à Ixelles, présenté par MM. Cuvelier et Mathieu.

M. *C. Van de Wiele* nous annonce la mort, en mars dernier, de M. P. Tacchini, membre associé étranger de la Société. Il donne lecture des lignes suivantes, rappelant sommairement l'œuvre scientifique de notre regretté collègue.

Pietro Tacchini.

Le 24 mars 1905 est décédé, près de Modène, le professeur Pietro Tacchini, que la science italienne comptait parmi ses plus éminents représentants. Il fut directeur de l'Observatoire royal d'astronomie du Collège romain, ainsi que de l'Office central de météorologie et de géodynamique, et nous rappellerons surtout ici qu'il fut le fondateur de la Société sismologique d'Italie. Il contribua pour une grande part à l'essor remarquable que la jeune science a pris en Italie.

Lorsque fut créée, en 1887, la Commission de géodynamique, le professeur Tacchini fut désigné par celle-ci pour diriger le nouveau service, qu'il installa au Collège romain. A côté de ce premier observatoire sismologique ne tardèrent pas à se constituer ceux de Roccadi Papa (près de Rome), d'Ischia, de Casamiciola, de Pavie et de Catane. Grâce à cet imposant réseau d'observatoires, les travaux relatifs aux tremblements de terre se multiplièrent à tel point qu'il fallut, en 1889, adjoindre au *Bulletin météorologique* un supplément sismique. Mais celui-ci ne pouvait suffire, et le professeur Tacchini songea à créer un organisme spécial pour les études de géodynamique, Ce fut en 1895 qu'il fonda la Société de sismologie d'Italie, dont le *Bulletin* devint, sous l'égide de son directeur, un des principaux organes de la nouvelle

science. Pendant ce temps, celui-ci continuait à favoriser la création de nouveaux observatoires de géodynamique, parmi lesquels nous citerons celui de l'Etna, celui de Sestola et du Cimone, pour lequel l'Académie royale des Sciences et des Lettres de Modène demande l'adjonction d'un observatoire magnétique qui rappellerait le nom du professeur Tacchini; l'Observatoire du Monte Rosa, au point où l'Italie atteint sa plus haute altitude, et les observatoires de montagne, moins importants, de Caggiano (Salerno), de Tiriolo (Catanzaro). On voit que le développement, si remarquable, des études sismologiques en Italie était généreusement soutenu par le Gouvernement. L'organisateur actif et érudit de ce beau mouvement scientifique venait à peine de prendre sa retraite lorsqu'une mort imprévue vint mettre fin à une carrière des plus brillantes et à une activité qui semblait promettre encore beaucoup pour la science et le bien de la patrie.

Communications des membres :

M. Hankar-Urban présente une *Note sur des mouvements spontanés des roches dans les carrières* et exhibe en même temps des photographies prises à Quenast de bombement et d'explosion spontanés de roches.

Sa communication, qui paraîtra aux *Mémoires*, peut se résumer comme suit :

Les constatations des géologues américains, dont les premières datent de cinquante ans, montrent que, sur 5 $^1/_2$ degrés de longitude, se manifeste, aux États-Unis, un phénomène de compression, perpendiculaire au méridien, des bancs de roche dure, phénomène dont les effets se manifestent en toutes saisons. M. le professeur Niles en conclut que l'on se trouve en présence de l'action de l'agent géologique qui a déterminé, dans le passé, la formation des montagnes.

Il ne semble pas que, malgré leur grand intérêt, les phénomènes dont il s'agit aient été étudiés dans d'autres régions. A Quenast, une manifestation fréquente de la compression latérale énergique est celle que les ouvriers appellent *bendon :* une portion superficielle de la pierre, généralement très allongée par rapport à sa largeur et à son épaisseur, se sépare par fêlure du reste de la masse, se *bande* peu à peu et finit par se rompre avec explosion. Un autre genre de manifestation consiste dans la brusque dilatation de l'about d'un banc recoupé par l'exploitation.

M. Hankar-Urban adresse un pressant appel aux membres de la Société qui connaîtraient des faits analogues, publiés ou observés, afin qu'ils veuillent bien les lui signaler.

M. le *Président,* en ouvrant la discussion, déplore que tant de manifestations importantes de la dynamique du globe échappent à l'observation scientifique. Voilà un fait, connu de temps immémorial par les ouvriers, qui entre, grâce à M. Hankar-Urban, dans le domaine de l'observation précise. Est-on vis-à-vis d'une compression ancienne ou actuelle? Les variations de température ne jouent-elles pas un rôle important comme facteur déterminant? Voilà les premières questions qui se posent.

M. *Hankar-Urban* hésiterait à écarter l'influence des variations de température, qui se présente naturellement à l'esprit, s'il n'avait comme faits acquis que ceux qui se sont présentés à Quenast; mais les observations faites aux États-Unis rendent incontestable le phénomène de compression des roches, et son indépendance de la température.

M. le *Président,* dans le même ordre d'idées, rappelle que le général Uchatius est l'inventeur de canons de bronze trempés à l'huile et saisis à l'état de dilatation. Chose très curieuse, la moindre éraflure suffit à les mettre hors de service; dans des expériences, on a sectionné ces canons : lorsque la coupure avait dépassé la couche trempée, brusquement le canon se rompait et le métal revenait à son équilibre naturel.

M. *Kersten,* pour répondre au desideratum de M. Hankar-Urban, signale que, dans les charbonnages, certaines couches mises en exploitation donnent parfois lieu à des détonations considérables, dont le siège se trouve à 15 ou 20 mètres du front de taille. Ces détonations, qui se produisent dans les couches en plateure, sont attribuées par les ingénieurs à des ruptures d'équilibre; elles ne donnent lieu à aucune diaclase dans la veine; il est rare qu'elles provoquent un afflux anormal de gaz. Il y a simplement un mouvement de dilatation des couches, mouvement très appréciable; chacun sait que du samedi au lundi, il arrive que des couches aient avancé de plusieurs centimètres par rapport aux schistes encaissants; ce fait se produit surtout à grande profondeur.

M. *Cosyns* signale le phénomène de fissures semblant provenir de retrait se produisant à grande fréquence dans les carrières de lave rouge de l'Eifel.

M. *Bauwens* demande s'il n'y aurait pas un rapprochement à faire entre ces faits et les nombreuses manifestations de la dynamique terrestre observées dans le percement du Simplon.

M. le *Secrétaire général,* à propos du Simplon, annonce qu'une étude hydrologique très complète du tunnel du Simplon, due à notre collègue M. Schardt, paraîtra dans nos *Traductions et Reproductions.* Il ne connaît

aucun phénomène, d'ordre géologique, observé au cours des travaux du Simplon, qui puisse être signalé en connexion avec les faits dont vient de parler M. Hankar-Urban.

Il demande si l'on ne pourrait éliminer de la question étudiée l'influence des variations thermiques naturelles, en faisant des expériences systématiques de chauffage local de la roche. Il serait très intéressant de constater ainsi ce qui, dans les mouvements spontanés des roches, pourrait être attribué à la chaleur et aux dilatations qu'elle cause.

M. *Hankar-Urban.* — Il est certain que l'échauffement peut parfois concourir à faire exploser les bendons; cependant elle n'est pas indispensable. Certaines explosions antérieures à mes expériences ont eu lieu par la gelée et ont intéressé plusieurs tonnes de pierres.

M. *de Schryver* tient à faire remarquer que la dilatation par échauffement peut cependant déterminer des explosions. Le fait s'est produit récemment aux travaux des installations maritimes de Bruxelles, où toute une bordure de petit granit s'est soulevée sous l'influence des rayons solaires.

M. *Hankar-Urban,* loin de constester que la chaleur peut provoquer l'explosion des roches, en citera, au contraire, un exemple typique. Aux carrières de trapp, à Raon-l'Étape, les ouvriers arrivent à provoquer la ruptures de blocs pierreux en plusieurs fragments, en chauffant localement ceux-ci.

M. *Simoens* a constaté dans beaucoup de carrières de grès des fissures étoilées dans la roche; il attribue ces fissures au retrait dû à la perte de l'eau de carrière.

Recherches de houille en Meurthe-et-Moselle.

M. le *Secrétaire* communique un résumé d'un important mémoire que nous a envoyé M. *Cavallier,* directeur des Hauts Fourneaux et Fonderies de Pont-à-Mousson, sur l'état actuel des recherches de houille dans le département de Meurthe-et-Moselle; voici les grandes lignes de ce travail :

I. *Historique.* — Aussitôt après la perte du bassin houiller de Sarrebrück par la France (1814), des recherches se firent en Lorraine, au Sud-Ouest de ce bassin, à Schönecken, tout contre la frontière, amenant la découverte de la houille sous le grès vosgien. Seulement, les tentatives de sa mise en valeur ne rencontrèrent que des insuccès.

De nouvelles recherches, entreprises entre 1847 et 1859, démontrèrent l'existence d'un riche gisement de combustible, s'étendant sous

la plaine au Nord-Ouest de Forbach et de Saint-Avold; mais les fonçages de puits rencontrèrent de telles difficultés, du côté de l'eau, que les concessions furent abandonnées.

Le charbon resta théorique jusque 1899-1900, époque à laquelle les progrès de l'art des mines et la hausse des prix du combustible déterminèrent la reprise des travaux par des sociétés allemandes et leur prolongement encore plus à l'Ouest. En 1901, les sondages avaient atteint Hémilly et Mainvillers.

En janvier 1903, un sondage fut commencé à Eply, sur la rive droite de la Seille, à proximité immédiate de la frontière franco-allemande.

L'existence théorique du bassin houiller pouvait difficilement être mise en doute : le bassin houiller de Sarrebrück passe, de 1 600 mètres de puissance à l'Est, à 3 130 mètres à l'Ouest; une telle épaisseur de terrain ne pouvait disparaître, fût-ce même à 70 kilomètres de sa limite connue, mais à quelle profondeur se trouvait-elle? Les résultats connus des sondages donnaient l'impression que la formation plongeait sous des morts-terrains de plus en plus épais, toutes les formations jusqu'au bas venant se superposer au grès des Vosges.

II. *Principales idées géologiques émises.* — C'est à M. Nicklès, professeur de géologie à l'Université de Nancy, que l'on doit l'indication, basée sur des théories géogéniques, de l'emplacement favorable d'Eply.

Il fut amené à envisager le sommet des anticlinaux ou des dômes comme « le lieu géométrique des emplacements les plus favorables pour les sondages ». Ses études de la région le conduisirent à la découverte d'un grand anticlinal Eply-Atton, qu'il prolongea jusqu'au bois de Grenez, près de Gezoncourt.

M. Nicklès envisageait que la transgression triasique avait dû exercer son maximum d'arasement sur les anticlinaux ou les dômes. Enfin, il faisait observer que la sédimentation est toujours moins importante sur les anticlinaux que dans les synclinaux.

L'arasement qu'il envisageait lui faisait espérer que le Permien et peut-être le Houiller supérieur (stérile) de Sarrebrück auraient bien pu être balayés par la transgression triasique, laissant subsister de la formation houillère les faisceaux inférieurs seuls, qui sont très riches à Sarrebrück.

MM. Marcel Bertrand et Bergeron, se guidant sur des considérations analogues, mais faute de renseignements plus précis que les cartes géologiques de France et d'Allemagne, plaçaient le même anticlinal plus au Nord, le supposaient formé d'une série de dômes en chapelet

et estimaient à 650 mètres la profondeur minimum probable du toit du Houiller.

D'autre part, M. François Villain, ingénieur au Corps des Mines, à Nancy, dans deux remarquables conférences données en 1905, faisait une étude générale des plus documentées sur la constitution des bassins houillers en général et démontrait que le bassin de Sarrebrück présentait les caractères des grands bassins. Il insistait sur l'accident qui rejetait au Midi, à grande profondeur, le terrain houiller de Sarrebrück et le considérait comme le prolongement de l'anticlinal-guide de M. Nicklès parvenu au paroxysme du plissement.

Les sondages exécutés en Lorraine allemande ont jalonné le prolongement du bassin houiller de Sarrebrück jusqu'à 30 kilomètres de la frontière française. Entre autres, un sondage à Faulquemont a donné, sous 900 mètres de morts-terrains, il est vrai, 14m35 de charbon, en sept couches, sur 166m50 de Houiller traversé !

III. *Méthode suivie pour les recherches en Meurthe-et-Moselle.* — Après le premier sondage d'Eply fut entrepris, fin décembre 1903, un second sondage près du village de Lesménils, à 3 kilomètres environ au Nord de la ligne de crête de l'anticlinal guide de M. Nicklès, dans la région où MM. Bertrand et Bergeron avaient indiqué la retombée du dôme hypothétique de Bazoncourt.

Les deux sondages rencontraient le Houiller respectivement à *684* et *796* mètres, donc parfaitement accessible; reste à savoir jusqu'où il s'étend : c'est là le grand problème qui se résout en ce moment.

Trois nouveaux sondages furent entrepris : l'un à Pont-à-Mousson, dans l'enceinte même de l'usine de cette localité, pour le compte de la Société des Hauts Fourneaux et Fonderies de Pont-à-Mousson ; un second, tout près de l'anticlinal, à proximité du village d'Atton ; un troisième, au Sud-Ouest du sondage d'Eply, près du village d'Abaucourt, où M. Nicklès avait indiqué un dôme secondaire. Les deux derniers sondages appartiennent, comme Eply et Lesménils, aux Sociétés lorraines de Charbonnages réunies.

Les diverses sociétés de recherches eurent alors la sagesse de se réunir sous une direction technique commune, afin de ne pas gaspiller des capitaux considérables, en des sondages inutiles ou condamnés d'avance.

Afin de rechercher si le terrain houiller restait à une profondeur accessible sur la crête de l'anticlinal, on posa un nouveau jalon dans le bois de Greney.

Les sondages de Lesménils et de Pont-à-Mousson avaient donné le

pendage du Houiller au Nord de la crête; un sondage à Vilcey-sur-Trey, à 9 kilomètres au Nord de l'anticlinal, constituait une recherche plus septentrionale.

Cinq sondages renseigneront sur le troublant problème du prolongement de la grande faille de Sarrebrück. Dans quelle direction et avec quel rejet éventuel se prolonge-t-elle en Lorraine française? De là dépend l'étendue du bassin de Meurthe-et-Moselle.

IV. *Résultats obtenus jusqu'à ce jour.* — Le toit du Houiller, sensiblement horizontal (en le supposant continu) sur les 30 kilomètres qui séparent Eply du dernier sondage Ouest allemand, plonge de là de 11 millimètres par mètre vers Atton; d'autre part, la crête a un pendage très net et accentué vers le Nord. Rien ne permet de décider actuellement si l'on a affaire à une série de dômes, ou à un anticlinal régulier.

Les morts-terrains recoupés présentent une constance remarquable avec plusieurs niveaux très nets, argiles de Levallois du Rhétien supérieur, argiles rouges du Keuper moyen, banc de calcaire dolomitique placé sous celles-ci, bancs dolomitiques durs du toit et de la base du Keuper inférieur, marnes bigarrées de la base du Muschelkalk moyen, banc de conglomérat qui sépare le grès bigarré du grès des Vosges, enfin un niveau d'argiles rouges et violacées schisteuses, très plastiques. L'épaisseur totale de ces bancs depuis les argiles de Levallois est de 690 mètres, au-dessus de la crête.

Le sondage de Lesménils, arrêté à la profondeur de 1 500 mètres, a traversé 700 mètres de terrain houiller stérile, incliné à 45° en moyenne, ne rencontrant qu'une seule veine de houille de 15 à 20 centimètres; il est possible qu'il soit tombé dans une des zones stériles de 400 à 500 mètres d'épaisseur, qui, dans le bassin de Sarrebrück, séparent les horizons contenant les faisceaux de couches de houille.

Le sondage de Pont-à-Mousson a donné usqu'ici (profondeur : 980 mètres) à 819 mètres, une couche de 70 centimètres, puis, 53 mètres plus bas, 25 centimètres de charbon pur, suivi de 75 centimètres barrés; enfin, quelques veinules.

Il y a lieu de se demander s'il ne s'enfonce pas dans les terrains stériles qui séparent le faisceau inférieur des couches flambantes à gaz, des couches grasses à coke de Dudweiler.

Les empreintes des schistes indiquent une flore nettement westphalienne, montrant qu'on est plus bas que le faisceau supérieur des charbons flambants. Ceci, combiné avec les stampes stériles trouvées, peut faire espérer qu'on aboutira au faisceau des couches grasses de Dudweiler.

Signalons la découverte d'un très beau gisement de sel, de 63 mètres d'épaisseur, rencontré par le sondage de Brin.

V. *Conclusions.* — Il y en a deux à formuler jusque maintenant :

1° On trouve en Meurthe-et-Moselle le terrain houiller à une profondeur inférieure aux prévisions, par suite de l'amincissement du grès bigarré et du grès des Vosges en versant de l'Est vers l'Ouest;

2° Ce Houiller n'est pas stérile, mais toute identification avec le bassin de Sarrebrück ou avec la Lorraine allemande est prématurée.

M. *Kersten.* — Nous pratiquons aussi un sondage dans la région, celui de Belleau; aussi sommes-nous à même de compléter le résumé général fait par M. le Secrétaire.

Il semble hors de doute que l'allure du Houiller se présente sous forme de dômes et de fonds de bassin; c'est du moins ainsi qu'il est constitué dans le bassin de Sarrebrück. Ainsi, dans la concession de Petite Rösseler, la plupart des exploitations présentent des courbes fermées, et le dôme est fracturé en son milieu par une faille transverse. Le fait des nombreuses failles et de l'ondulation des couches rendra les recherches fort difficiles.

L'anticlinal découvert par M. Nicklès, qui s'est astreint au lever à nouveau de toute la planchette, se montre être parallèle à la faille limite et non son prolongement. On croyait autrefois que cette faille se redressait vers l'Ouest au delà de Forbach; les sondages en Lorraine annexée ont révélé qu'elle se prolonge en ligne droite jusque Falkenberg; elle viendrait ainsi atteindre la Moselle à 2 kilomètres au Nord du confluent de la Meurthe.

Ce n'est point parce que les recherches sur l'anticlinal même ont donné de maigres résultats qu'il faut désespérer; il y a lieu évidemment de renoncer aux recherches au Nord, puisque les strates houillères y plongent très fortement (de 70° à 75°); mais au Sud, elles sont justifiées par l'allure du bassin de la Sarre.

La coupe transverse de ce dernier montre que toutes les couches houillères se relèvent vers la faille limite Sud; dès lors, en se rapprochant de celle-ci, on peut espérer qu'il ne faudra pas traverser une trop forte épaisseur de stampe stérile.

L'analyse des charbons rencontrés jusqu'à ce jour donne comme teneur en matières volatiles environ 37 %. Si l'on s'en rapporte à cette analyse, les couches rencontrées doivent être les plus inférieures du groupe des couches flambantes à gaz, dont la teneur diminue progressivement de 44 à 37 %. On se trouverait donc au-dessus de la

grande stampe stérile recouvrant le faisceau des charbons à coke; ce sont évidemment les plus nécessaires pour alimenter les hauts fourneaux de la région.

Le sondage de Belleau, que l'on espère avoir placé un peu au Nord de la faille, pourrait ainsi trouver le faisceau des charbons à coke à une profondeur raisonnable, grâce au relèvement de ces couches contre la faille limite.

M. G. Simoens. — **A propos d'une récente tentative de comparaison entre la constitution interne de la Terre et celle de la Lune.**

L'un des buts principaux vers lesquels convergent nos recherches en géologie est la connaissance de la nature interne du sphéroïde terrestre et des conditions multiples de son évolution.

Dès que nous sommes en possession d'une donnée nouvelle, ou à peine un progrès nouveau vient-il élargir notre horizon, qu'aussitôt notre préoccupation première est d'essayer de nous en servir pour tenter une fois encore de résoudre le problème et de saisir la grande inconnue.

Mais trop souvent nous avons été forcés de revenir en arrière, de nous détourner du mirage trompeur et de rentrer dans le domaine du connaissable, pour cesser de baser notre conception du monde sur quelques observations isolées. L'expérience nous a appris au contraire à nous entourer de toutes les données possibles, prises dans les domaines les plus divers, avant de tenter de faire un pas nouveau, surtout s'il est de nature à nous mener sur le faîte d'où nous devons découvrir de nouvelles étendues.

La connaissance de la nature interne du globe a passionné tous les penseurs, et, tour à tour, les géologues, les astronomes, les mathématiciens ont essayé de résoudre le problème. Mais ces spécialistes ont eu le grand tort peut-être de ne pas tenir suffisamment compte des connaissances péniblement amassées par leurs voisins, et je ne suis pas éloigné de croire qu'il n'est pas de trop de toutes ces sciences pour arriver à répondre d'une manière satisfaisante à la question qui se pose devant nous.

Deux astronomes, MM. Loewy et Puiseux, viennent, au commencement de cette année, de publier, dans les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris,* une note qui a précisément pour but d'expliquer la constitution du sphéroïde terrestre en partant de l'étude de la surface

lunaire. Je me suis demandé tout d'abord s'il avait été tenu suffisamment compte des données de la géologie dans leur travail, et c'est à ce point de vue que je désire examiner à nouveau avec eux cet intéressant sujet de la nature interne du globe.

L'autorité des savants directeur et astronome de l'Observatoire de Paris est trop universellement reconnue pour qu'il me soit nécessaire de dire ici l'importance que j'attache à leurs travaux, en même temps que l'hésitation que je ressens, comme géologue, à confesser l'embarras que j'éprouve à partager entièrement la manière de voir exposée dans leur intéressante dissertation.

MM. Loewy et Puiseux exposent tout d'abord les deux théories qui tendent, l'une à admettre à l'intérieur de la Terre une immense masse fluide recouverte d'une légère croûte solide, d'une cinquantaine de kilomètres d'épaisseur, l'autre à expliquer la constitution interne de notre globe par l'accumulation, vers son centre, des matériaux les plus denses et qui sont de nature à se contracter par refroidissement.

Les astronomes de Paris donnent la préférence à la première de ces deux théories.

Pour cela, ils invoquent trois raisons, que je crois insuffisantes pour faire admettre leur hypothèse. Je dirai même en passant que j'estime qu'elles sont en contradiction avec la conception que nous avons aujourd'hui de la formation des chaînes de montagnes; mais comme ces raisons sont empruntées à l'étude du globe terrestre lui-même, je ne m'y arrêterai pas pour l'instant, et je m'en tiendrai aux considérations qui me paraissent faire plus particulièrement l'objet de leur mémoire et qui sont le résultat de l'étude qu'ils poursuivent depuis tant d'années de la constitution de la surface lunaire.

« Sur la Lune, écrivent les astronomes français, nous ne sommes pas à même de reconnaître s'il y a augmentation de température avec la profondeur ou variation dans l'intensité de la pesanteur. Mais nous pouvons relever sur les photographies lunaires diverses particularités qui témoignent que la solidification se fait en partant de la surface. »

L'importance de la question n'échappera certainement à personne, car le fait de démontrer sur notre satellite d'une manière définitive le processus de la consolidation partant de la surface vers le centre doit forcément retentir sur l'idée que nous nous faisons habituellement de la consolidation de notre propre globe. Aussi me paraît-il urgent, au point de vue géologique, d'examiner attentivement les raisons invoquées par MM. Loewy et Puiseux en vue de faire admettre leur opinion.

Ils écrivent notamment : « Ainsi les différences de niveau sont rela-

tivement plus fortes et plus brusques sur notre satellite et, de plus, elles traduisent sous bien des formes *les effets dynamiques que doit exercer un liquide en mouvement sur les parois solides qui le contiennent*. Ces effets sont en premier lieu les épanchements superficiels, qui ont envahi les deux cinquièmes de la surface visible et les ont transformés en plaines unies, laissant voir à leur périphérie de nombreux vestiges du relief antérieur. Ce sont encore les nombreuses *traces d'instabilité des massifs montagneux dans le sens vertical*, les cassures qui circonscrivent les monts Hœmus, les Apennins et le Caucase, les terrasses si nettes du mur Droit et de Théophile, les fissures marginales de Sabine et d'Hésiode.

» La proximité d'une nappe liquide puissante est encore nécessaire pour rendre compte des *flottements et charriages en masse dans le sens horizontal*, intéressant à la fois de larges portions de la surface. A cette origine se rattachent le démantèlement de la crête des Apennins, etc. »

MM. Loewy et Puiseux semblent admettre que la croûte superficielle de la Lune doit son relief, de même que la Terre, puisqu'ils plaident l'analogie des deux astres, à l'action de la masse fluide interne; celle-ci serait donc active, et la surrection des montagnes ne serait plus dès lors qu'un phénomène dû au soulèvement des masses fluides. Il y a longtemps que les géologues ont abandonné cette opinion, et je pense qu'il y a peu de chances de voir réadmettre la théorie des cratères de soulèvement, même en l'appliquant préalablement à la surface lunaire.

Les géologues sont à peu près d'accord maintenant pour reconnaître que toutes les manifestations éruptives sont consécutives aux mouvements dynamiques qui donnent naissance aux reliefs terrestres, et il me paraît plus sage d'essayer l'application des théories de la géologie actuelle à la Lune que de vouloir, en dépit de toutes les observations des géologues, imposer à ceux-ci les idées que provoque la simple inspection à distance du disque lunaire.

Les traces d'instabilité des massifs montagneux dans le sens vertical seraient ainsi, d'après les astronomes de Paris, un argument en faveur d'une mince croûte lunaire recouvrant un immense foyer igné; mais comme ils s'efforcent d'imposer ces idées aux géologues, il me paraît nécessaire de faire remarquer que ces mouvements dynamiques verticaux existent également sur le globe terrestre et qu'ils y ont fait l'objet de persévérantes études et de levés détaillés. Le résultat de tous ces travaux est l'opinion que ces phénomènes verticaux ou de tassement sont souvent en relation avec les chaînes de montagnes dont ils constituent fréquemment l'arrière-pays; que ces effondrements amènent

à la surface terrestre des matières fluides qui sont la conséquence des affaissements, et que l'étude de ces roches volcaniques, loin de résoudre les esprits à accepter l'idée d'une énorme masse fluide interne, tend au contraire à faire admettre des foyers très localisés et à des distances peu considérables de la surface du globe. Si, comme je viens de le faire remarquer, ces effondrements, ou mouvements verticaux terrestres, ne prouvent rien quant à l'hypothèse d'une énorme masse fluide recouverte par une pellicule de scories, comment l'observation, sur la Lune, de faits semblables pourrait-elle modifier la compréhension que nous avons de ces phénomènes terrestres? N'y aurait-il pas lieu plutôt d'imposer à la Lune les conclusions qui découlent de l'observation, infiniment plus détaillée, de ces manifestations dynamiques que nous pouvons faire sur notre globe?

MM. Loewy et Puiseux invoquent encore les flottements et les charriages en masse dans le sens horizontal. Ces mouvements horizontaux et ces charriages ont été particulièrement bien étudiés sur le globe terrestre depuis un quart de siècle, et loin d'en conclure à la présence, sous une mince pellicule superficielle, d'une immense masse ignée, on en est arrivé à admettre l'existence, en sous-sol, de magmas fluides localisés sous les géosynclinaux, lesquels finissent par se plisser et par se déverser dans le sens horizontal.

L'individualisation et la localisation des différentes chaînes plissées dans l'espace et dans le temps ne s'accordent guère avec l'hypothèse d'une énorme masse unique en ignition; cela est vrai surtout si l'on songe que nos différentes chaînes, pour l'hémisphère Nord tout au moins, sont disposées grossièrement, suivant leur âge relatif, en guirlandes successives autour du pôle. Quant aux mouvements horizontaux découverts sur la Lune, ne serait-il pas prudent de les interpréter comme les phénomènes identiques observables sur notre globe, au lieu de faire appel à une hypothèse peu conciliable avec les phénomènes terrestres?

« L'argument le plus décisif — écrivent les auteurs précités — en faveur de l'hypothèse d'un refroidissement graduel de l'extérieur à l'intérieur est fourni par les faits suivants, qui s'imposent avec une grande évidence par l'étude des photographies. »

Étant donné l'intérêt que présente le problème, il convient, je pense, d'examiner ces arguments avec toute l'attention qu'ils méritent. Voici ce qu'écrivent les astronomes de Paris : « Une analyse attentive des formations si variées qui accidentent le sol lunaire permet de constater qu'après la constitution d'une première enveloppe mince de la litho-

sphère, le retrait de la masse liquide s'est opéré progressivement, et il est arrivé fatalement un moment où elle a perdu partiellement son contact avec la partie solidifiée; elle s'est trouvée ainsi séparée d'elle par un faible espace, en laissant un intervalle bien suffisant pour l'oscillation des marées. »

On voudra bien admettre que jusqu'ici, y compris l'oscillation des marées, nous sommes en pleine hypothèse; mais poursuivons attentivement l'examen du texte ci-après :

« Lorsque, à une certaine période, *pour des raisons inconnues*, ainsi que cela s'est présenté pour le globe terrestre, les forces éruptives ont pris une violence particulière, la croûte solide a cédé alors, sous ces pressions exceptionnelles, dans ses éléments les moins résistants et s'est trouvée envahie par le liquide intérieur. Ces *soulèvements locaux ont ainsi donné naissance aux grands cirques* et aux diverses autres formations de la région polaire, où le refroidissement a été beaucoup plus rapide et où la croûte, pour des raisons faciles à comprendre, a acquis une épaisseur plus considérable. »

MM. Loewy et Puiseux expliquent par des « raisons inconnues », aussi bien pour la Terre que pour la Lune, les périodes de violence des forces éruptives. Mais ces périodes de violence paraissent aussi liées à la surrection des chaînes plissées, et, pour ma part, il ne m'est pas possible de suivre les savants français quand ils disent : « les soulèvements locaux ont ainsi donné naissance aux grands cirques ». C'est nous ramener d'une manière détournée à la théorie des soulèvements d'Élie de Beaumont. Je crois cependant que les observations terrestres qui ont fait abandonner cette opinion n'ont pas perdu leur valeur. « Chaque mouvement éruptif — écrivent les auteurs du mémoire dont je me permets la discussion — a ainsi marqué, par le fond uni des formations, la hauteur du niveau du fluide sous-jacent », et plus loin, « mais l'exemple le plus frappant peut être fourni par les bandes concentriques qui entourent la mer du Nectar ».

« Nous reconnaissons ici, bien caractérisés, depuis les plateaux de la calotte australe jusqu'au fond des cirques inférieurs, cinq étages séparés l'un de l'autre par un écart de plusieurs milliers de mètres et correspondant à des époques différentes. Nous prenons ici sur le fait la contraction progressive du fluide interne et sa solidification à partir de la surface. »

« Le résultat serait tout autre si la solidification avait dû progresser à partir du centre et s'achever par la surface. Seul le niveau final devrait être reconnaissable, et les manifestations des forces éruptives n'auraient

eu ni l'occasion de se produire ni le moyen de laisser des traces permamentes à des étages très différents. »

Remarquons tout d'abord que ces cirques lunaires constituent, comme notre confrère M. W. Prinz l'a bien montré, de véritables bassins d'effondrement, présentant fréquemment un contour polygonal, et par des expériences judicieuses, il a reproduit cette figure, en même temps que les rayons qui aboutissent aux angles du polygone.

Il semble que l'explication de ces figures lunaires, sur lesquelles les expériences réalisées par M. W. Prinz jettent un grand jour, ne comporte pas l'existence, sous ces masses effondrées, d'un énorme globe igné. Il me paraît même que les phénomènes si bien observés par les astronomes de Paris, s'expliquent mieux par la localisation, près de la surface lunaire, de magmas fluides semblables à ceux que l'on suppose exister dans notre globe. Dans le cas contraire, en effet, dans celui d'une énorme masse fluide unique, provoquant les terrasses successives des cirques, il y a lieu de remarquer que tous ces cirques seraient de même âge; il en serait de même de toutes les premières, de toutes les deuxièmes et de toutes les troisièmes terrasses, qui devraient, comme résultats d'une cause commune, se trouver respectivement à la même altitude. Du reste, le groupement même de ces cirques n'indique-t-il pas plutôt que ces derniers sont le résultat d'autant de phénomènes locaux?

Loin d'admettre que les terrasses des cirques lunaires se localisent dans le temps, en allant des plus élevées vers les plus profondes, qui suivent, d'après MM. Loewy et Puiseux, le retrait de la masse fluide, je crois au contraire que les cirques lunaires se sont développés en partant du centre vers la périphérie. Je me base, pour émettre cette opinion : 1° sur les expériences de ruptures réalisées par plusieurs auteurs, et dans ces derniers temps par notre confrère M. W. Prinz; 2° sur les cirques et les bassins d'effondrement dont nous pouvons suivre le développement sur le globe terrestre; 3° sur la structure de l'écorce lunaire. Comme je pense que ce dernier astre doit être plus familier aux astronomes de Paris, je m'en tiendrai, pour le moment et pour ce point spécial, à l'examen de la surface lunaire, et je me servirai même de l'exemple typique sur lequel ils s'appuient, c'est-à-dire la mer du Nectar.

Une preuve évidente que les grands cirques lunaires se sont développés dans le sens de leur périphérie, ce sont les empiétements successifs de leur périmètre sur le territoire contigu et quelle que soit la nature de ce territoire. Ainsi il arrive fréquemment qu'un cirque, en se

développant, c'est-à-dire en s'élargissant, finisse par entrer en contact avec un autre cirque ou avec une mer qui n'est souvent elle-même qu'une juxtaposition de cirques effondrés. La mer du Nectar, en s'étendant, par l'affaissement successif de ses bords, a fini par entrer en contact au Nord de Théophile avec la mare Tranquillitatis; elle a aussi, en s'agrandissant, empiété sur Fracastor, qui, d'un ancien cratère, est devenu un golfe. De même la mare Serenitatis, en s'élargissant, a détruit la continuité qui existait précédemment entre les Apennins et le Caucase, ce qui lui permet d'être aujourd'hui en communication avec la mare Imbrium dont elle a détruit la falaise. La mare Imbrium à son tour, en empiétant vers le Nord, a détruit le cratère qui est devenu le Sinus Iridum, et le cratère Platon aurait bientôt le même sort si les phénomènes dynamiques n'étaient, comme on le pense généralement, totalement éteints sur la Lune. Des faits semblables s'observent dans la mare Humorum et dans la plupart des grands cirques lunaires. Tout démontre que, sur la Lune, les cirques s'agrandissent vers leur périphérie, et dès lors ces terrasses, qui, vers le centre, deviennent, d'après MM. Loewy et Puiseux, de plus en plus profondes en marquant les retraits successifs de la masse fluide, indiquent au contraire que l'affaissement de tout le système s'étend vers l'extérieur, de telle manière que la terrasse la moins profonde et la plus extérieure serait, en somme, la plus récente. On peut voir par ces lignes combien mon interprétation de la structure lunaire est différente de celle exposée plus haut. MM. Loewy et Puiseux reconnaissent d'ailleurs que leur conception se heurte à de sérieuses objections qui ont été présentées par lord Kelvin et G.-H. Darwin pour répondre à l'hypothèse de la masse centrale ignée.

Voici ce qu'écrivent les astronomes français :

« A cet ensemble de faits, on ne peut guère opposer, en faveur de l'existence d'un noyau solide, que deux arguments d'ordre plutôt mathématique et dont on peut contester la valeur concrète. Le premier est emprunté à la théorie des marées. Lord Kelvin trouve, par le calcul, qu'une écorce mince et impénétrable, si rigide qu'on la suppose, devrait participer aux déformations périodiques causées dans le fluide interne par les attractions planétaires. Dès lors, les marées océaniques ne se manifesteraient plus. L'existence de ces marées exclut donc celle du fluide interne.

» Une autre objection, soulevée par G.-H. Darwin, se fonde sur l'existence d'inégalités importantes dans le relief terrestre. Le calcul indique qu'une écorce unie et homogène, supposée d'ailleurs moins rigide que l'acier et moins épaisse que le cinquième du rayon, devrait

fléchir sous la surcharge additionnelle des massifs montagneux. Et il semble que cette conséquence s'applique à fortiori à la Lune, plus accidentée relativement que la Terre. »

Les sélénographes français envisagent d'abord l'objection de lord Kelvin et ils ajoutent :

« La raison invoquée par lord Kelvin vise plus particulièrement le globe terrestre, où les marées océaniques peuvent être observées. Même dans ce cas, elle n'a de valeur que si l'on résout affirmativement ces deux questions préalables :

» 1° Les marées du fluide interne ont-elles une amplitude comparable à celle des marées océaniques?

» 2° En supposant que ces marées se produisent, est-il certain qu'elles doivent altérer la figure de la croûte? »

Suivons MM. Loewy et Puiseux, qui discutent maintenant la constitution interne de la Lune en y transportant l'objection de lord Kelvin; à celle-ci, ils répondent par deux doutes, et ils expliquent leur premier doute comme ceci : « La réponse à la première question doit déjà être regardée comme douteuse parce que le coefficient de viscosité ou de frottement intérieur est un élément essentiel de l'amplitude des marées. L'expérience seule peut dire si la manière dont on a introduit ce coefficient dans les calculs est conforme à la réalité. Tout le monde sait que le flux de la mer subit communément un retard de plusieurs heures sur le passage de la Lune au méridien. Il est clair d'autre part que les matériaux internes, soumis à des pressions démesurées, doivent offrir plus de viscosité que l'eau des mers et obéir plus lentement aux actions planétaires. »

Il est clair que pour invoquer ce frottement destiné à annihiler la marée intérieure, il faudrait supposer la surface interne de la croûte solide comme étant régulière, car sinon, si elle était irrégulière et bosselée, ces marées internes présenteraient des anomalies, comme c'est le cas pour les marées océaniques, qui montrent des anomalies dues à l'accumulation des eaux arrêtées par des obstacles, telles les fortes marées des golfes de la Manche, de la baie de Fundy, etc. Il y aurait alors des marées internes exceptionnellement intenses et peut-être quelques catastrophes! Or la Lune et la Terre autorisent à penser qu'il en serait bien ainsi, étant donnée l'irrégularité de la surface des deux astres. Disons, en passant, que le degré géothermique aurait dans ce cas une réelle signification, car alors son irrégularité indiquerait aussi l'inégalité d'épaisseur de la croûte. Mais l'impossibilité de faire appel à ce frottement interne, à cause des obstacles présentés par l'irré-

gularité de la croûte interne, est mise en évidence par MM. Loewy et Puiseux eux-mêmes, puisqu'en parlant des montagnes ils terminent leur note en disant : « elles possèdent très probablement, ainsi qu'Airy l'avait déjà suggéré, des racines qui plongent dans un milieu plus dense et leur permettent de flotter ». Comme on le voit, eux-mêmes fournissent des raisons suffisantes pour empêcher d'admettre leur manière de voir.

Mais à quoi bon s'efforcer de présenter toutes ces raisons pour diminuer la portée de l'objection de lord Kelvin, puisque celle-ci ne peut s'appliquer qu'à la Terre et qu'elle ne pourrait exister pour la Lune, où les astronomes de Paris se donnent inutilement tant de mal pour la transporter et la combattre?

« On alléguera peut-être — écrivent ces Messieurs — que, dans le cas de la Lune, *les marées d'origine terrestre ont dû avoir à une époque ancienne une longue période en même temps qu'une grande amplitude.* Il n'est pas douteux que leur action a dû provoquer un retard notable dans l'apparition d'une première enveloppe cohérente. Sous l'influence de ces *puissantes ondes*, la croûte a nécessairement subi, au début, de violentes altérations, livrant passage au fluide interne; mais elle a néanmoins fini par acquérir une grande épaisseur, par suite de l'influence incessante du refroidissement et de la contraction des couches superficielles. »

Au *figuré*, on peut dire que la marée terrestre semble due surtout à l'attraction de la Lune qui, passant successivement devant les différents méridiens terrestres, attire les eaux qui se déplacent sur la surface de notre globe. En *réalité*, la marée sur le globe terrestre est due au mouvement de rotation de la Terre, qui présente successivement à la Lune ses différents méridiens, passant sous la grande vague ou marée qui reste attirée par notre satellite. C'est donc le déplacement de la lithosphère par rapport à l'hydrosphère qui constitue la marée; il n'y a pas à tenir compte ici ni du balancement de la Lune ni du mouvement de translation de la Lune autour de la Terre en vingt-huit jours et qui détermine l'horaire spécial des marées. Mais si le mouvement de la Terre était modifié et si, au lieu de tourner sur elle-même en vingt-quatre heures, elle se déplaçait lentement de manière à présenter toujours le même méridien à la Lune, il n'y aurait plus à la surface de notre globe de déplacement de la lithosphère par rapport à l'hydrosphère, nous n'aurions plus de marées, le niveau des eaux serait plus élevé du côté de la Lune ainsi qu'aux antipodes, mais elles resteraient en l'état, et il n'y aurait plus d'autres marées que les faibles déplace-

ments d'eau provoqués par l'influence du Soleil et d'autres causes qui peuvent en l'occurrence être négligées. Or, la Lune se trouve précisément dans ce cas; elle présente à la Terre sa même face, et cela parce font dans le même temps. Et qu'on ne m'objecte pas que la Lune a pu avoir, à une époque reculée de son histoire et au début de sa séparation d'avec la Terre, un mouvement différent de celui que nous lui connaissons aujourd'hui. Le temps qui nous sépare de cette époque doit être très éloigné en comparaison du moment de la formation sur la Lune des accidents que nous y voyons.

La disproportion existant entre la masse de la Terre et celle de la Lune a dû amener très rapidement cette dernière à son mouvement actuel, et bien avant la formation de la croûte lunaire visible. La régularité de ses manifestations dynamiques exclut la possibilité d'une masse interne venant contrarier l'édification si calme de ces cirques. Du reste, la marée interne serait si intense sur la Lune, que si elle avait dû coexister avec la formation d'une croûte solide, celle-ci ne présenterait qu'une accumulation chaotique de masses solidifiées et sans aucun rapport avec la structure des cirques lunaires. Pour mitiger que son mouvement de rotation et son mouvement de translation se l'influence de ces marées impossibles, les astronomes de Paris ont admis l'existence, entre la croûte solide et la masse fluide interne, d'un « matelas de gaz à haute pression ». A défaut d'avoir songé à l'inutilité d'une semblable explication, étant donnée l'inexistence des marées lunaires, les savants français, dans le cas contraire ou celui de la Terre par exemple, auraient dû penser tout au moins à son impossibilité. Ils appliquent en effet leur théorie aussi bien à la Terre qu'à la Lune; mais chez nous, il y a des volcans en activité, et, d'après leur hypothèse, les volcans devraient bien s'alimenter à cette masse fluide interne; mais le matelas de gaz sous pression devrait fatalement subir la marée, l'objection de la viscosité ne lui étant plus applicable; il y aurait donc du gaz sous pression qui s'échapperait régulièrement des évents volcaniques.

Ces marées intérieures devant présenter forcément, comme nous l'avons montré, des amplitudes inégales sous les différents points de la croûte solide, donneraient naissance à des courants et par conséquent à un brassage des éléments ignés, et alors les produits volcaniques, outre qu'ils s'épancheraient à heure fixe, seraient sur toute la surface du globe d'une nature identique, toutes choses contraires à la réalité.

Mais les sélénographes français abordent bientôt la seconde objec-

tion : celle de G.-H. Darwin. « La seconde difficulté, écrivent-ils, celle qui est suggérée par la considération des masses montagneuses, n'existe pas au même degré pour la Lune, où la pesanteur est six fois moindre que sur la Terre. » On pourrait objecter à cela que si les savants français invoquent la pesanteur relativement plus faible sur la Lune pour répondre à l'objection de l'enfoncement des montagnes dans la masse fluide supposée, on peut l'invoquer aussi pour supposer la surrection plus facile des montagnes plus élevées sur la Lune, ce qui compense, par une augmentation de masse, la diminution de la pesanteur. « Mais en fait, continuent ces Messieurs, il n'y a pas lieu de s'y arrêter (à l'objection de G.-H. Darwin), ni pour notre globe ni pour notre satellite, parce qu'elle est la conséquence d'une théorie problématique qui repose tout entière sur l'hypothèse inexacte de l'homogénéité. » N'est-il pas étrange de voir cette hypothèse de l'homogénéité être repoussée par MM. Loewy et Puiseux, hypothèse qui est la seule qui puisse leur convenir, la seule possible avec leur idée d'une masse fluide unique, laquelle, si elle existait, serait continuellement brassée, comme je l'ai montré plus haut, par le passage d'inévitables et violents courants intérieurs? Au contraire, l'idée des magmas disséminés dans la partie superficielle du globe et à des profondeurs variables, et constitués par des éléments très différents, n'a que faire de l'hypothèse de l'homogénéité. Cette homogénéité, qu'ils contestent, leur est cependant indispensable, et l'adoption par eux du principe contraire, celui de l'hétérogénéité, constitue un argument sérieux contre leur propre théorie.

Les astronomes parisiens terminent ainsi : « Les excroissances montagneuses contribuent à l'équilibre général, bien loin de le compromettre; elles ne sont pas seulement supportées par la ténacité des parties voisines, mais elles possèdent probablement, ainsi qu'Airy l'avait déjà suggéré, des racines qui plongent dans un milieu plus dense et leur permettent de flotter. »

A ce sujet, est-il nécessaire de rappeler encore que la plupart des géologues sont d'accord pour admettre que la matière ignée ne détermine pas la surrection des montagnes, c'est-à-dire que ce n'est pas la présence des masses ignées qui détermine le soulèvement des montagnes. Et comment admettre dès lors une relation entre la présence simultanée d'une masse fluide plus dense et d'une masse solide plus élevée.

Terminons cette discussion, déjà longue, en rappelant les expériences réalisées sur la variation de la pesanteur et en demandant ce que devient, dans le cas de l'hypothèse invoquée plus haut, le principe de

l'isostase dont les savants français font à présent bon marché, après l'avoir invoqué au début de leur travail. « Il nous semble, en conséquence, concluent MM. Loewy et Puiseux, que l'étude de notre satellite doit confirmer les géologues dans leur préférence pour la théorie de l'écorce mince, et les convaincre que le passage à l'état solide, encore inachevé pour la Lune, est très loin de son terme pour la Terre. » Le texte de cette note aura suffisamment fait voir que je suis, pour ma part, loin d'avoir été convaincu.

M. *Fievez* tient à faire des réserves sur l'idée que M. Simoens se fait des marées; elles ne peuvent amener un brassage de matière.

Les marées résultent d'oscillations périodiques du niveau de l'océan. Il se produit à sa surface des ondes qui se propagent avec des vitesses plus ou moins considérables. Le brassage du liquide ne s'opère que dans la faible partie où les vagues déferlent. A l'intérieur du liquide, et c'est aussi le cas pour un fluide interne soumis aux causes produisant le phénomène des marées, il se produit des différences de pression amenant des déplacements limités en rapport avec les changements de niveau. Pour bien faire comprendre la chose, prenons par exemple, dit M. Fievez, un grand ballon élastique rempli d'eau et soumettons-le à de faibles déformations; il n'y aura pas de brassage du liquide, et à plus forte raison pour une matière visqueuse. Or la Terre est encore plus rigide que l'acier, donc tout brassage de ces matières visqueuses internes est inadmissible.

M. *Simoens* ne trouve, dans les considérations qui viennent d'être émises, rien qui puisse l'engager à modifier ses vues et il s'en tient à l'exposé qu'il vient de faire. Le brassage interne serait dû, comme pour nos océans, aux courants et aux irrégularités par les masses solides, par la répartition inégale des températures, etc., toutes raisons qui doivent à fortiori être invoquées pour une masse fluide interne qui, je pense, n'existe pas. Je ne défends donc pas ces marées, mais je dis qu'il faudrait en tenir compte dans le cas d'une masse fluide interne.

Baron L. Greindl. — **Compte rendu sommaire de l'excursion du 12 juin à Saint-Symphorien.**

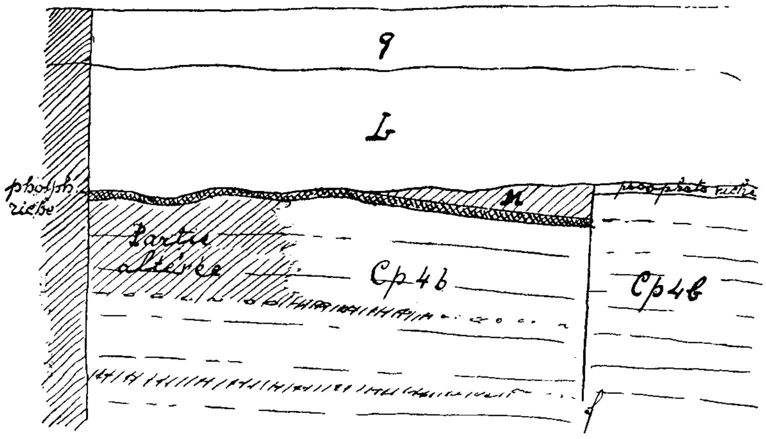
La matinée du 12 juin a été consacrée, sous la direction de M. *J. Cornet*, à l'étude de la coupe du ruisseau du camp de Casteau, où l'on voit affleurer successivement le phtanite houiller (affleurement classique), une énorme épaisseur de Wealdien et les diverses assises du Turonien.

L'après-midi, notre directeur nous conduisit à la carrière de M. Hardenpont, à Saint-Symphorien, où la découverte du terrain, vers l'Est, a amené une constatation des plus intéressantes.

La Société avait visité cette exploitation lors de la session extraordinaire de 1902 et, comme chacun peut s'en souvenir, on y voit, sous une certaine épaisseur de terrain quaternaire, les assises du Landenien onduler, soit directement sur la craie phosphatée (*Cp4b*), soit sur le tufeau de Saint-Symphorien (*M3*).

La coupe de la partie Est de la carrière se présentait comme suit :

Coupe de la partie Est de la carrière Hardenpont à Saint-Symphorien.



Sur ce schéma, les parties altérées du tufeau de Saint-Symphorien et de la craie phosphatée de Ciply sont hachurées.

Comme on le constate, l'exploitation a mis à jour le passage latéral du facies gris-bleu, non altéré, de la craie de Ciply au facies brun. M. Cornet, en présence de la coupe, nous a fait une lecture de terrain qui a frappé tous ceux qui étaient présents, et qui justifie ma communication.

La ligne séparative de la partie intacte et de la partie altérée montre clairement que l'infiltration des eaux, cause du phénomène, s'est faite en suivant les lits de silex; les deux lits inférieurs du silex sont particulièrement démonstratifs à cet égard. Dès lors, il est possible de fixer l'époque où s'est produite l'altération ; elle est postérieure à la formation des silex; or, ceux-ci manquent dans le poudingue de la Malogne et dans le poudingue de la base du Montien, et n'apparaissent qu'à la base du Landenien. Nous pouvons donc être certains que les silex de la craie de Ciply et du tufeau de Saint-Symphorien se sont

formés pendant l'époque continentale montienne antérieure à la transgression landenienne, et l'altération de la craie gris-bleu leur est postérieure. D'autre part, comme le sable landenien, qui la recouvre, a conservé sa glauconie non altérée, il en résulte que ce phénomène est anté-landenien. Nous voyons ainsi qu'à l'époque du Montien continental se placent deux phénomènes successifs :

1° Formation des silex de la craie phosphatée;

2° Altération par les eaux d'infiltration de la craie gris-bleu, dont les sels ferreux se changent en sels ferriques.

M. *Bommer* donne quelques explications sur les *Troncs silicifiés du désert de l'Arizona*, dont les spécimens ont été exhibés à une séance précédente.

Ce sont des restes de grands conifères, atteignant une hauteur considérable et dont le tronc pouvait mesurer 1m50 de diamètre. L'intérêt de ces échantillons est de nous dire que dans cette région, actuellement désertique, régnait autrefois un climat humide et d'une chaleur uniforme, comme en témoignent les couches d'accroissement, larges et homogènes, des troncs, alors que, dans les régions tempérées, la différenciation de celles-ci en bois de printemps et en bois d'automne distincts est constante.

L'aspect des échantillons est dû à la présence de composés de fer.

On peut, à propos de ces échantillons silicifiés, rappeler combien ce mode de minéralisation est favorable à l'étude des structures végétales. M. Bommer montre, à titre d'exemple, le travail publié en 1834 par Brongniart sur *Sigillaria elegans,* basé sur un échantillon transformé en agate, révélant les détails les plus intimes de l'organisation de cette plante.

Quant au procédé d'imprégnation des végétaux par la silice, il n'a pas encore été saisi dans son intimité.

La séance est levée à 10 h. 50.

ANNEXE A LA SÉANCE DU 20 JUIN 1905.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE

F. Rinne. — **Étude pratique des roches,** à l'usage des ingénieurs et étudiants ès sciences naturelles; traduit et adapté par *L. Pervinquière*. Éditeur, F.-R. de Rudeval; prix : 12 francs (1).

Dans ces dernières années, nous avons assisté à l'apparition, notamment dans la littérature allemande, de nombreux traités sur la pétrographie, parmi lesquels il suffit de citer Rosenbusch, *Elemente der Gesteinslehre;* Reinisch, *Petrographisches Praktikum;* Weinschenk, *Gesteinskunde;* Rinne, *Praktische Gesteinskunde*. Par contre, les lecteurs français en étaient encore à attendre un livre moderne pratique dans la matière.

M. Pervinquière vient de combler cette lacune; après nous avoir présenté, l'année dernière, le *Microscope polarisant* de M. F. Rinne, il s'est imposé la lourde tâche de traduire un second ouvrage du même savant, l'*Étude pratique des roches* (*Praktische Gesteinskunde*), qui vient compléter heureusement le premier. M. Pervinquière a soin de nous dire pourquoi il s'est adressé à cet auteur allemand plutôt que d'écrire un livre complètement original; il a été frappé par « la façon heureuse dont les exposés sur la nature des roches, leur composition et leur gisement sont complétés par des considérations d'ordre pratique ».

Nous verrons d'ailleurs que M. Pervinquière ne s'est pas borné à traduire servilement l'auteur allemand; il a fait du travail étranger une véritable adaptation aux idées françaises, particulièrement en ce qui concerne la classification des roches éruptives.

---

(1) Volume offert à la Bibliothèque de la Société par le *traducteur* (n° 7717 de la Bibliothèque).

L'*Étude pratique des roches* est divisée en deux grandes parties; la première traite des *généralités et méthodes*, la seconde de l'*étude systématique des roches*.

Après avoir parlé sommairement, dans les chapitres I et II de la première partie, de la constitution générale de la Terre et de la division fondamentale des roches en roches éruptives, sédimentaires et cristallophylliennes, l'auteur aborde dans le chapitre III l'étude du mode de gisement de ces diverses classes de roches, en relation étroite avec leur origine propre : roches profondes en massifs, laccolites et filons, roches épanchées en coulées et en nappes; roches sédimentaires en strates; schistes cristallins avec leur gisement participant à la fois des deux précédents.

Le chapitre IV est consacré à l'examen des dislocations des roches, leur origine, leur nature, leur étude détaillée dans les diverses familles lithologiques. L'auteur a soin d'attirer l'attention sur l'importance de ces accidents au point de vue exploitation; puis il expose dans le chapitre V la propriété qu'il appelle disjonction (*Absonderung*) et divisibilité des roches, donnant lieu aux bancs de granite, aux colonnes de basalte, aux parallélipipèdes de calcaire, aux feuillets de schiste, etc.

Le chapitre VI résume succinctement les méthodes optiques, microchimiques et autres utilisées couramment en pétrographie. Le chapitre VII traite des éléments constitutifs des roches, au point de vue général d'abord (forme, dimensions, structure, lieu de production, nature, proportions), pour passer ensuite en revue les divers minéraux principaux qu'on rencontre dans leur étude. Cet exposé est fait d'une façon claire et précise, avec les renseignements minéralogiques, optiques et de gisement indispensables pour des commençants dans la science lithologique. L'auteur termine d'ailleurs ce chapitre par quelques pages très utiles, où il donne, dans ses grandes lignes, la méthode à suivre pour l'étude d'une roche; cette partie aurait certainement gagné à être développée davantage.

La première partie de l'ouvrage se termine par un chapitre (VIII) des plus importants au point de vue de la pratique de l'ingénieur. En 30 pages, on y trouve un exposé des propriétés générales les plus intéressantes pour la technique de l'industriel et du constructeur. On pourrait dire que ce chapitre est un peu étranger à la pétrographie, mais il est tout à fait à sa place dans un livre destiné, comme le dit l'auteur, à « la profession d'architecte, d'ingénieur-constructeur, d'ingénieur des mines, de chimiste industriel » qui « comporte, dans de nombreux cas, l'extraction et l'emploi des roches ». Ces quelques pages réu-

nissent d'une manière heureuse des indications précieuses au sujet des conditions d'exploitation, de la facilité de taille; de la rapidité d'usure; de la résistance au choc, à l'écrasement, à la traction et à la flexion; ainsi que des chiffres relatifs au poids spécifique des roches. Puis le lecteur est renseigné concernant la résistance des pierres aux agents atmosphériques (gelée, eaux météoriques, végétation), leur perméabilité à l'air, leur perméabilité à l'eau, et à cette occasion il est mis en garde contre les mécomptes causés bien souvent par une connaissance insuffisante de la composition géologique du sol, et en particulier par la présence de couches argileuses recoupées par une tranchée. Enfin l'auteur traite de la conductibilité calorifique et de la résistance des pierres à la chaleur (utilisation dans les fours et hauts fourneaux), de leur cassure, de leur couleur, de leur polissage (emploi dans la décoration et l'ornementation des édifices) et de leur composition chimique (usages industriels). Bref, on est en présence d'un véritable chapitre de *Connaissance des matériaux,* plein d'indications et de conseils judicieux pour le constructeur et le maître de carrières.

Ici se termine la première partie de l'ouvrage, qui comporte 206 pages. Les 436 pages restantes sont consacrées à l'étude systématique des roches. Celle-ci est subdivisée elle-même pour s'occuper successivement des roches éruptives, des roches sédimentaires et des roches cristallophylliennes.

Roches éruptives. — Après avoir, dans le chapitre I, examiné, en général, la composition chimique de ces roches et indiqué comment on peut la représenter graphiquement d'après un procédé préconisé par M. Michel-Lévy, l'auteur étudie et expose clairement la question si discutée de la différenciation des magmas éruptifs, ainsi que l'état physique de ceux-ci en voie de cristallisation et les lois que la pétrographie est déjà parvenue à établir plus ou moins, concernant l'ordre de consolidation des éléments dans les roches qui en émanent. Il est ainsi amené naturellement à rappeler, dans le chapitre III, les essais de reproduction artificielle de ces roches que MM. Fouqué et Lévy ont particulièrement réussis par fusion ignée dans le domaine des roches volcaniques, et dont l'échec en ce qui concerne les roches profondes a montré du moins la nécessité de faire intervenir dans leur formation des agents minéralisateurs.

La nature des éléments constituants, ainsi que les lois de la coexistence de certains d'entre eux dans les roches éruptives, font l'objet du chapitre IV; et le chapitre V développe en détail tout ce qui intéresse les structures si variées que présentent ces roches. L'auteur, fidèle à

son programme, ne manque pas, à cette occasion, d'indiquer l'influence de chaque structure sur la possibilité d'emploi de la roche correspondante dans l'art de l'ingénieur.

Déjà, dans les chapitres précédents, M. Pervinquière se départit de son rôle de traducteur pour introduire dans l'ouvrage de M. Rinne des notes personnelles. Le chapitre VI, consacré à la classification des roches éruptives, est complètement remanié. Le traducteur, abandonnant la classification allemande de l'ouvrage original, adopte celle de MM. Fouqué et Michel-Lévy, basée, comme on le sait, sur la présence ou l'absence de feldspaths et de feldspathoïdes, ainsi que sur la nature de ces minéraux. Mais M. Pervinquière a soin de faire de la question un exposé historique et d'analyser les diverses divisions proposées jusqu'à ce jour. On ne peut faire un reproche au traducteur de s'être arrêté aux idées de l'école française ; c'est, comme il le dit lui-même, « pour que cet ouvrage fût réellement utile aux aspirants à la licence ès sciences naturelles ». Cela ne l'empêche d'ailleurs pas de superposer, pour la commodité, à cette classification une autre découlant du gisement normal des diverses familles de roches éruptives.

C'est ainsi qu'il examine d'abord les roches plutoniques (ou profondes), où il crée trois catégories : les roches grenues, comprenant les familles des granites, des syénites, des diorites, des gabbros, des péridotites; les roches microgrenues, correspondant approximativement aux roches de filon (*Ganggesteine*) de Rosenbusch, et embrassant les microgranites et les microgranulites; puis les roches ophitiques, terme s'appliquant aux diabases, aux ophites et aux picrites ; et enfin, en appendice, les lamprophyres.

Viennent ensuite les roches volcaniques, où l'auteur passe successivement en revue les rhyolites, les trachytes et orthophyres, les phonolites, les andésites, labradorites et porphyrites, les basaltes et mélaphyres avec leurs annexes (néphrites, néphélinites, etc.), ainsi que les roches meubles qui accompagnent, le cas échéant, ces diverses familles lithologiques.

M. Pervinquière n'omet d'ailleurs pas de traiter la question du métamorphisme de contact dans les roches profondes (granite et diabases) ainsi que dans les roches volcaniques, où il dit quelques mots des enclaves que M. Lacroix a étudiées si magistralement dans son ouvrage : *Les enclaves des roches volcaniques* (1893).

Ce qui frappe pendant cette excursion faite dans le domaine des roches éruptives en 140 pages environ, c'est la somme de renseignements pratiques qu'on y trouve. Ainsi, pour chaque famille, après avoir

décrit les roches et leurs variétés aux points de vue minéralogique et micrographique, l'auteur indique leur composition chimique normale, leur mode de gisement et leur genèse, les principaux gisements, et enfin leurs *emplois* et leurs *caractéristiques* principales (résistance, etc.), ces deux derniers points étant d'une importance sur laquelle il est inutile d'insister, pour la profession de l'ingénieur.

Après avoir donné comme supplément quelques indications sur les météorites, l'ouvrage aborde l'étude des roches sédimentaires.

Roches sédimentaires. — Cette étude commence par un exposé de l'origine des roches sédimentaires. C'est un chapitre de géodynamique externe, où l'auteur suit l'ordre chronologique dans l'histoire de la formation d'un sédiment : destruction d'abord des masses rocheuses préexistantes, transport des détritus, dépôt de ceux-ci ou sédimentation, enfin diagenèse ou transformation du sédiment meuble en roche consolidée, et, le cas échéant, phénomènes d'altération postérieurs. Dans chacun des quatre actes de cette histoire, l'auteur considère successivement l'action des forces ou éléments mis en jeu : pesanteur, eau, glace, vent, animaux et plantes.

Pour ma part, j'estime ce procédé didactique inférieur à celui qui consiste à épuiser en une seule fois et séparément le rôle complet (de destruction, de transport et de création) de ce que M. Stanislas Meunier a heureusement appelé les *fonctions* de la Terre : fonctions aqueuse, glaciaire, éolienne, biologique, etc. C'est le meilleur moyen d'éviter de revenir plusieurs fois, comme c'est le cas dans l'ouvrage de M. Rinne, sur le même sujet, et de se répéter souvent. Je citerai comme exemple le rôle des eaux de ruissellement et des eaux courantes, dans lequel il est bien difficile de séparer l'acte de la destruction de ceux du transport et du dépôt (méandres des fleuves).

Le chapitre II aborde l'étude détaillée des sédiments, qui sont classés par l'auteur, suivant leur mode de formation, en sédiments clastiques, sédiments de précipitation chimique ou organique, et sédiments d'origine purement organique.

Les sédiments clastiques sont eux-mêmes subdivisés en sédiments d'origine hydraulique, d'origine glaciaire et d'origine éolienne. Ce sont d'abord des considérations générales sur la formation des roches correspondantes (cailloux, galets, graviers, sables; argile à blocaux, moraines; dunes), que j'aurais voulu voir reporter dans le chapitre I, car elles sont plutôt du domaine de la géodynamique externe. Puis, à propos de l'argile, l'auteur passe en revue toutes les roches meubles qui en dérivent (limon, loess, etc.), pour donner ensuite quelques indications utiles sur

les *sols*, ce qui lui permet d'intéresser à son livre à la fois les ingénieurs constructeurs et hydrauliciens, les forestiers et les agronomes. Naturellement, nous sommes amenés de là aux propriétés des diverses roches consolidées qui dérivent des dépôts peu cohérents qui précèdent : grès, poudingues, arkoses, brèches, grauwackes, schistes.

Les sédiments de précipitation chimique ou organique sont partagés en deux catégories. Les uns, précipités dans l'eau, qui comprennent : les dépôts salifères, les calcaires, les roches siliceuses (quartzite, phtanite, meulière, geysérite, tripolin), le phosphate de chaux, le soufre, les minerais de fer (carbonates, oxydes, hydroxydes), de manganèse et les minerais sulfureux. Nous ferons remarquer en passant qu'on trouve ici, à propos de ces minerais, des renseignements qui auraient pu faire partie d'un chapitre spécial traitant de la genèse des *filons* métallifères. Comme sédiments précipités dans l'air, nous voyons à notre très grand étonnement figurer la neige et la glace de glacier. Que l'on considère celle-ci comme une forme spéciale sous laquelle l'eau concourt à la formation des roches sédimentaires, c'est parfait, et alors qu'on reporte toutes les considérations relatives à la formation des glaciers au chapitre de la géodynamique externe; mais de là à faire rentrer la neige et la glace dans la catégorie des roches, sous prétexte qu'elle a fait partie du sol et se présente en couches intercalées « entre d'autres couches » dans le Nord de la Sibérie, il y a un très grand pas. J'aurais certes préféré voir classer ici les limons éoliens de la Chine (et du Brabantien belge), dont l'auteur dit quelques mots (page 488) en parlant du loess (dans les sédiments d'origine hydraulique).

La série des roches sédimentaires se termine par les sédiments d'origine purement organique, comprenant les combustibles fossiles, l'ambre, le guano et le pétrole, qui cependant, d'après l'auteur, « est en *imprégnation* dans des sédiments d'âge très varié » et n'est pas nécessairement un sédiment.

Comme pour les roches éruptives, l'auteur a eu soin ici d'émailler l'exposé lithologique de renseignements pratiques et techniques d'une très grande utilité.

A mon avis, cette partie du livre serait susceptible de perfectionnements. J'aurais voulu y voir séparer plus nettement d'une part les considérations générales de genèse, et d'autre part la description détaillée des diverses roches. En outre, la division de celles-ci, basée sur leur mode de formation, ne me semble pas heureuse et conduit à la confusion. Ainsi on trouve des quartzites dans les sédiments de précipitation chimique, alors qu'ils seraient plus à leur place à côté des grès. L'auteur

ne s'est d'ailleurs pas caché l'inconvénient qui en résulte. « Une roche, dit-il (1), participe souvent à plusieurs modes d'origine. Prenons comme exemple les calcaires. La plupart d'entre eux sont assurément d'origine organique ; c'est surtout grâce à des animaux, quelquefois à des plantes, que le carbonate de chaux s'est séparé de l'eau. Mais il est assurément des calcaires provenant d'une précipitation chimique pure et simple. D'autre part, les calcaires clastiques ne sont pas rares, par exemple au voisinage de récifs coralliens (anciens ou actuels). »

La classification basée sur la composition chimique présente beaucoup moins de défauts, je pense. C'est celle qu'a adoptée entre autres Rosenbusch dans son ouvrage : *Elemente der Gesteinslehre*, où il classe les sédiments en (2) :

1. Précipités (sel gemme, gypse, etc.).
2. Poséphites (cailloux roulés, poudingues, brèches) et psammites (sables, grès, quartzites, arkoses).
3. Dépôts siliceux (phtanite, tripoli, geysérite, meulière).
4. Roches carbonatées (boue à globigérines, calcaires, dolomie, marne, loess, etc.).
5. Roches ferrugineuses.
6. Roches argileuses (argile, schistes, phyllades).
7. Combustibles fossiles (tourbes et houille).

Roches cristallophylliennes. — L'examen de ces roches occupe les 30 dernières pages du livre de MM. Rinne et Pervinquière. Un chapitre de généralités comprend l'exposé des phénomènes de métamorphisme régional qui ont vraisemblablement donné naissance à l'aspect *actuel* des schistes cristallins, la discussion de leur origine, encore douteuse pour la plupart, puis l'examen des minéraux constituant ces roches, de la composition chimique de celles-ci et de leur structure caractéristique.

Le deuxième chapitre est consacré à la description des diverses familles que l'on rencontre dans ces schistes cristallins dont la classification est très difficile à établir nettement : gneiss, leptynite, hälleflinta, micaschistes, chloritoschistes, talcschistes, séricitoschistes, phyllades. Il se termine par l'étude des roches intercalées au milieu de

---

(1) Page 470.

(2) J'en exclus les porphyroïdes, que Rosenbusch met dans les sédiments, en ajoutant cependant qu'ils n'y sont pas du tout à leur place.

ces schistes : roches à amphibole, à pyroxène, serpentines, cipolins, corindons.

*
* *

Telles sont, en un très rapide aperçu, les matières considérables contenues dans ce volume important de 670 pages que M. Pervinquière s'est imposé la lourde tâche de traduire et de remanier. M. Rinne a eu soin d'illustrer cet exposé, assez aride par lui-même, de nombreuses gravures et reproductions photographiques remarquablement choisies et qui parlent aux yeux du lecteur. Le traducteur a multiplié ces illustrations, et cela contribuera certainement à augmenter la valeur didactique de l'*Étude pratique des roches*. Nous avons relevé parmi ces gravures 42 schémas géologiques, 106 vues photographiques de gisements géologiques et de roches isolées, 78 micro-photogrammes de roches étudiées en lumière polarisée, 61 gravures cristallographiques et 2 planches hors texte, représentant, l'une le cratère si caractéristique du Tengger (Java), et l'autre un paysage reconstitué au moyen des représentants principaux de la flore houillère. Un reproche cependant aux micro-photogrammes de plaques minces : leur légende est, à mon avis, insuffisante; il aurait fallu, comme on le fait d'habitude, renseigner le grossissement et dire si la vue était prise en lumière parallèle avec polariseur seul, ou entre nicols croisés.

Cela n'empêche que l'*Étude pratique des roches* constitue un ouvrage d'une grande valeur, qui vient en son temps; nous pouvons certainement prédire que ce livre atteindra pleinement le but qu'ont visé ses deux auteurs. Certes il n'est pas destiné à détrôner des ouvrages pétrographiques comme celui de Rosenbusch, par exemple (*Elemente der Gesteinslehre*), mais il est beaucoup plus à la portée du public auquel il est destiné. « Il rendra », dit M. Lacroix dans la préface, « j'en suis certain, des services à ceux qui débutent dans l'étude des sciences de la Terre ainsi qu'à tous ceux qui cherchent seulement à se documenter au point de vue de leur instruction générale. Il suscitera, je l'espère, parmi les étudiants qui le liront, le désir de pousser plus à fond encore la connaissance de notre belle science. »

J'ajouterai, en me plaçant au point de vue de notre pays, que, écrit dans une langue très répandue chez nous, cet ouvrage permettra à de nombreux lecteurs de se familiariser avec la pétrographie, et en amènera sans doute plusieurs à se spécialiser dans la science si intéressante qu'ont illustrée en Belgique deux maîtres regrettés : de la Vallée Poussin et Renard.

E. Math.

SÉANCE MENSUELLE DU 18 JUILLET 1905.

Présidence de M. **Ad. Kemna**, *président.*

La séance est ouverte à 8 heures 40. (18 membres présents.)

Correspondance :

M. le *Secrétaire général*, empêché, s'excuse de ne pouvoir assister à la séance.

M. *Lancaster* demande qu'un exemplaire de *La pluie en Belgique* soit envoyé au *Weather Bureau* de Washington, qui enverra en échange telle publication que nous pourrions désirer.

— Le *Congrès des naturalistes et médecins allemands* envoie le programme détaillé de la session de Méran.

— Première circulaire relative au *Congrès géologique international* publiant la liste du Comité d'organisation et annonçant la session pour le début de septembre 1906, à Mexico.

Dons et envois reçus : 1° De la part des auteurs :

4753. ... *Alp.-Fr. Renard, professeur à l'Université de Gand, sa vie et ses œuvres.* Anvers, 1904. Brochure in-12 de 35 pages.

4754. **Högbom, A.-G.** *Nya bidrag till Kännedomen om de Kvartära Nivaförändringarna. I Norra Scandinavien.* Stockholm, 1904. Extrait in-8° de 26 pages et 1 carte.

4755. **Högbom, A.-G.** *Om S. K. « Jäslera » och om Willkoren för dess Bildning.* Stockholm, 1905. Extrait in-8° de 18 pages.

4756. **Kilian, W.** *Sur quelques fossiles remarquables de l'Hauterivien de la région d'Escragnolles (A.-M.).* Paris, 1905. Extrait in-4° de 4 pages et 1 planche.

4757. **Kilian, W.** *Programme des examens pour l'obtention du certificat d'études supérieures de géologie et de minéralogie appliquées, délivré par la Faculté des sciences de l'Université de Grenoble.* Grenoble, 1905. Brochure in-8° de 20 pages.

4758. **Kilian, W., et Guébhard, A.** *Étude paléontologique et stratigraphique du système jurassique dans les Préalpes maritimes.* Paris, 1905. Extrait in-8° de 92 pages et 3 planches.

4759. **Le Couppey de la Forest, M.** *Les eaux d'alluvions de l'Yonne et l'alimentation en eau potable de Coulanges-la-Vineuse.* Auxerre, 1905. Extrait in-8° de 8 pages.

4760. **Lotti, B.** *Di un case di Ricuoprimento presso Spoleto (Umbria).* Rome, 1905. Extrait in-8° de 15 pages et 1 planche.

4761. **Sernander, R.** *Flytjord i Svenska Fjälltrakter en Botanisk-Geologisk Undersökning.* Stockholm, 1905. Extrait in-8° de 43 pages et 12 figures.

4762. **Sykes, E. R., et Smith, E. A.** *VIII Brachiopoda.* Londres, 1902. Extrait in-8° de 7 pages.

Décès : M. le *Président* a le regret de faire part à l'assemblée du décès de deux de nos collègues : M. Élisée Reclus, membre associé, et M. Schroeder van der Kolk, professeur de minéralogie et de géologie à La Haye, membre effectif. — *Condoléances.*

Communications des membres :

M. *Cavallier* envoie une note complémentaire à sa communication relative aux recherches de houille en Meurthe-et-Moselle.

Cette note, qui annonce que le sondage d'Abaucourt a recoupé, à 876 mètres, une couche de charbon de 2m65 d'épaisseur, sera jointe au texte du *Mémoire.*

Carte géologique de Belgique au 1 000 000e.

M. *Michel Mourlon* a été appelé à rédiger l'article relatif à la *Géologie* pour la nouvelle statistique générale du Royaume; la carte publiée en 1875 ne répondant plus aux connaissances géologiques, une nouvelle carte au 1 000 000e a été dressée par les soins du major Henri de l'Institut cartographique militaire. Cette carte, admirable comme carte de synthèse et de vulgarisation, est présentée à l'Assemblée par M. Mourlon. Elle a été dressée pour la Statistique générale du Royaume; les tirages supplémentaires seront donc probablement de prix minime. M. Mourlon propose d'en acquérir un nombre suffisant pour permettre de l'insérer dans le *Bulletin* de la Société (1).

(1) En vente à l'Institut cartographique militaire au prix de fr. 0.50 pour les membres de la Société.

Il demande également que la Société émette le vœu de voir bientôt paraître la nouvelle carte au 160 000e, dont l'exemplaire *manuscrit* se trouve exposé à Liége; il prie instamment ceux de nos membres qui voudront examiner cette carte, de lui adresser leurs critiques; déjà MM. Lohest et Stainier lui ont fait part de quelques modifications heureuses et faciles à apporter.

M. le *Président* remercie M. Mourlon de vouloir bien mettre la Société à même d'insérer dans son *Bulletin* la carte géologique au 1 000 000e; il soumet la question à l'Assemblée, qui adopte cette proposition à l'unanimité, sous réserve d'un prix d'acquisition suffisamment minime,

Quant à la carte au 160 000e, vu l'importance du vœu à émettre, M. le *Président* propose de mettre cette question à l'ordre du jour de la séance d'octobre; les participants à la session extraordinaire auront eu l'occasion de voir la carte, et leur vœu n'en aura que plus de valeur.

M. *Rutot* se rallie aux propositions de M. le Président; cependant le vœu des géologues serait de voir adopter l'échelle du 100 000e, infiniment plus pratique et donnant encore une carte maniable.

M. *Rutot* signale à l'attention de ses collègues le petit traité de préhistoire que vient de publier M. Engerrand. Dans l'état actuel, c'est le seul traité de préhistoire au courant de la science; l'édition de 1900 de l'ouvrage de M. de Mortillet n'est guère que la reproduction de la première édition, qui date de 1882.

L'ouvrage dû à M. Engerrand est donc absolument recommandable à tous ceux qui veulent se mettre au courant de nos connaissances relatives à l'origine de l'homme.

Supplément aux récentes recherches de M. Traquair sur les Poissons devoniens et siluriens.

M. *Ad. Kemna* a exposé dans les tomes XVII et XVIII (1903 et 1904) la question des Poissons fossiles primitifs, spécialement d'après les travaux de Traquair (Édimbourg). Le deuxième fascicule de la description des Astérolépidés du vieux grès rouge a été signalé à la séance du 4 avril 1905. Aujourd'hui, il y a un supplément au rapport de 1899 sur les Poissons du Silurien supérieur d'Écosse et un au rapport de 1903 sur les Poissons du Devonien inférieur de Gemünden.

On sait que Gemünden (Prusse rhénane, près de Bingen, dans le

Hunsrück) a fourni le très intéressant *Drepanaspis*. L'orientation des nombreux fossiles était basée sur les rapports de la queue avec les deux surfaces; l'un des bords de la queue est plus long que l'autre et mieux garni de pièces fulcrales; ce bord a été considéré comme dorsal. La face en continuité avec ce bord montre en avant des indications d'une grande fente transversale, regardée comme bouche, et en arrière, sur la ligne médiane, beaucoup plus nettement, une ouverture (cloacale). Il ne semble donc pas y avoir de doute possible sur l'exactitude de cette orientation. Mais cette face ventrale montre latéralement en avant deux orifices « orbitaires » ou tout au moins sensoriels, et les principales pièces en grandes plaques de l'armature dermique sont également de ce côté. Bashford Dean (*Science*, janvier 1904) a insisté sur l'anomalie d'emplacement des yeux sur une face ventrale et sur la règle fort générale que c'est la surface dorsale qui est la mieux protégée; en outre, il estime qu'aucun des exemplaires figurés ne montre nettement les rapports avec la queue; il conclut que l'animal doit être retourné.

Le nouveau travail de Traquair est une réfutation de ces objections, avec trois belles planches en photolithographie. L'auteur entre naturellement dans les plus minutieux détails, pour la connaissance desquels il faut renvoyer les spécialistes au mémoire lui-même. Les objections de Dean, fondées en thèse générale, ne m'ont pourtant pas semblé bien applicables au cas particulier; je considère Traquair comme ayant raison. La situation ventrale des organes sensoriels, si l'on en fait des orbites, n'en reste pas moins une anomalie.

On peut également douter que le plus long lobe de la queue doive toujours, d'une façon aussi absolue que le veut Traquair, être considéré comme dorsal.

Pour les Poissons siluriens d'Écosse, les nouveaux renseignements sont importants. Des deux genres *Thelodus* et *Lanarkia*, on ne connaissait en somme que le contour et les écailles dermiques; on a trouvé dans tous deux, à la partie antérieure, des taches noires, dans la position des yeux de *Drepanaspis*, mais plutôt sur la face dorsale. Traquair en fait ici des yeux, mais le recouvrement des petites écailles est continu sur ces parties; la tache noire proviendrait du pigment. Chez *Thelodus Scoticus*, il y a une nageoire dorsale arrondie. Un exemplaire de *Lanarkia*, fracturé comme une coupe horizontale, a montré des poches branchiales au nombre de six d'un côté, et il devait y en avoir davantage, car la pièce est incomplète.

Ateleaspis est maintenant à peu près complet et ressemble, plus

qu'on ne le croyait d'abord, à *Cephalaspis;* il rentre dans ce groupe et la famille spéciale est rayée du tableau des classifications.

Des deux genres *Birkenia* et *Lasanius*, si aberrants par leur rangée d'épines ventrales, *Birkenia*, à cause de sa cuirasse continue, était connue dans tout son contour; il n'en était pas de même de *Lasanius* nu. De nouveaux exemplaires de cette espèce montrent que la tête avait un rostre assez mince et que derrière la tête la ligne se relève brusquement; les barres post-céphaliques occupent cette protubérance. Parfois derrière ces barres et parallèles avec elles, il y a une fine striation, « structures renforçant la peau, mais pas de nature à être ordinairement préservées par fossilisation ». Souvent il y a dans le tronc, sur plus ou moins d'étendue, des barres en deux rangées superposées, toutes deux obliques en arrière : « arcs neuraux ou hémaux de l'axe vertébral ou myocomes; la seconde supposition me semble la plus naturelle ».

Au sujet de ces diverses structures, M. Kemna entre dans quelques considérations morphologiques, qu'il développera à la Société zoologique.

Dr J. Lorié. — Le Dr J.-L.-C. Schroeder Van der Kolk et son œuvre.

La Société vient de perdre l'un de ses membres effectifs, enlevé à la fleur de l'âge, le Dr *Schroeder Van der Kolk*, professeur de géologie et de minéralogie à l'École polytechnique de Delft.

Le Dr *J. Lorié* lui consacre une notice biographique dans une revue hollandaise, notice qui, tout en nous exposant la carrière scientifique du défunt, nous donne des détails très intéressants sur l'histoire des sciences géologiques dans les Pays-Bas. Nous résumons ici ce travail :

Schroeder Van der Kolk naquit à Zutphen le 25 août 1865 et décéda à La Haye le 17 juin 1905.

Le Dr Lorié donne la liste des diverses publications du défunt, qui s'élèvent au nombre de quarante-deux, sans compter plusieurs autres qui se rattachent d'une manière indirecte aux premières.

Il publia dans les *Bulletins* de notre Société (t. VI, p. 73, Mém.) une *Note sur une étude du Diluvium faite dans la région de Markelo, près de Zutphen.*

Ses travaux furent en partie consacrés à la pétrographie, et, à ce sujet, le Dr Lorié résume succinctement l'histoire de la cristallographie en Néerlande et de ses premiers minéralogistes.

De ces pionniers hollandais, Staring seul fut réellement géologue. Ses idées attirèrent spécialement l'attention de Schroeder, tout particulièrement au sujet des dépôts quaternaires et de leur origine, comparés à ceux des pays voisins.

En 1900, lorsque la question des gisements houillers du Limbourg fut de nouveau mise en discussion, Schroeder s'en occupa à son tour, mais il omit de rappeler les travaux de Staring sur ce sujet.

Après cette digression, le Dr Lorié en revient aux dépôts quaternaires. A partir de 1873, des géologues des pays voisins septentrionaux visitèrent la Néerlande et publièrent plusieurs mémoires sur les dépôts d'origine glaciaire scandinave. Peu après, les recherches de Van Calker, de Van Cappelle, de Lorié et de Martin furent publiées.

L'examen des erratiques devait être qualitatif, ce qu'Erens fit le premier et que Schroeder continua ensuite, en réunissant plus de cinq cents erratiques, dont une centaine provenant de la collection de Staring.

Il constata que dans les trois provinces septentrionales des Pays-Bas, les cailloux d'origine scandinave se rencontrent à une plus grande profondeur que dans les provinces centrales. Il reconnut que peu de granites peuvent servir de *blocs-guides;* les porphyres et les syénites sont mieux appropriés, tels que le rhomben-porphyre, qui est originaire de la Norvège. Les basaltes sont d'origines diverses. Quelques roches de formation sédimentaire peuvent également servir de *blocs-guides*, provenant les unes du Cambrien, les autres du Silurien, quelques-unes du Devonien.

Le résultat le plus remarquable de cette étude fut la constatation que le Diluvium scandinave date du premier Glaciaire, et que le second n'atteignit pas les Pays-Bas. Comme conclusion, dit Schroeder, ceci n'est qu'un essai pour déchiffrer le caractère douteux de l'argile caillouteuse.

Dans un de ses mémoires, Schroeder appelle l'attention sur le grand intérêt des données *quantitatives*, comparées aux *qualitatives*. Ainsi, au point de vue quantitatif, Markeloo diffère très fort d'Hilversum.

Schroeder revint encore sur les mêmes questions dans d'autres mémoires. Déjà Staring avait indiqué la Finlande comme lieu d'origine de la plupart des erratiques. Berendt et Mayer constatèrent la même chose en 1874.

Les rares erratiques d'origine norvégienne n'auraient pas été amenés par le Glacier, mais par des glaces flottantes, opinion que le Dr Lorié trouve très acceptable.

Le professeur Martin ayant rapporté des Moluques une collection de minéraux, Schroeder en entreprit l'étude microscopique. Schroeder perfectionna même le genre d'examen en employant les *rayons obliques*, qui permettent de reconnaître les cristaux à double réfraction.

La Carte géologique des Pays-Bas.

Staring, en 1844, fit un premier essai de Carte géologique, à l'échelle du 800000ᵉ. Une commission fut nommée en 1852 et dissoute en 1855. Staring continua seul l'œuvre commencée, et, en 1867, la Carte, à l'échelle du 200000ᵉ, était prête à être publiée. Cette carte a de fort grands mérites, eu égard surtout à la date de sa publication.

Plus tard, Staring insista pour la revision de cette carte, certaines limites ayant forcément été tracées d'une manière assez vague.

Une nouvelle commission fut nommée. Celle-ci déposa son rapport en 1886, concluant à la réimpression de l'ancienne carte sans changement. Ce qui n'est pas à regretter, car après vingt ans on n'en savait guère davantage.

Peu après, la Commission géologique de l'Académie commença la publication de ses mémoires, qui apportèrent une contribution considérable aux connaissances que l'on avait sur la constitution du sol néerlandais.

Schroeder désirait l'amélioration de la carte et espérait y prendre une part considérable. Malheureusement, l'état précaire de sa santé ne le permit pas.

En 1890, il suivit les levés géologiques de professeurs allemands dans la partie septentrionale de leur pays et, peu après, d'autres géologues en Danemark et en Suède.

En 1891, il entreprit le levé géologique des environs de Markeloo. Il pressentit les difficultés qui pourraient provenir du fait de ce levé, en le prenant pour base du levé général. En Prusse, le levé des environs de Berlin ayant servi de base, il s'ensuivit que dans les environs de Stettin on éprouva de grandes difficultés.

Un second essai fut donc fait dans les environs de Deventer, en 1893. Il permit d'estimer le temps qu'il fallait pour le levé général. Dans les environs de Markeloo, on put lever 1 kilomètre carré par jour ; on avait obtenu le même résultat en Prusse. On leva même, dans les environs de Deventer, 60 kilomètres carrés en quarante jours, en négligeant les marais et les minerais de fer.

Une carte géologique *pure*, où les terrains sont indiqués d'après leur

âge relatif, serait très difficile, sinon impossible à lever dans les Pays-Bas. En ne tenant pas compte des âges relatifs et en se plaçant seulement au point de vue pétrographique, la besogne serait singulièrement facilitée. Un juste milieu entre ces extrêmes, comme l'a fait Staring, est certainement préférable. Quoique l'utilité d'une carte géologique pour l'agriculture soit fortement exagérée par quelques-uns, cette utilité cependant ne peut être niée.

En 1895, le Gouvernement commença à songer sérieusement à une nouvelle carte géologique. Les géologues furent convoqués une couple de fois à Leiden, sous la présidence du professeur Martin. Schroeder et le Dr Lorié furent délégués pour étudier le fonctionnement des levés géologiques en Danemark et en Prusse. Leur rapport déposé, le Ministre proposa un crédit en 1895, qui fut rejeté par la Seconde Chambre.

Quelques députés craignaient que ce crédit ne fût prélevé sur les subsides destinés à l'agriculture. Il aurait eu plus de chances d'être voté si l'on avait attaché plus d'importance à la partie agricole de la carte, comme en Prusse.

Trois ans après cette déconvenue, Schroeder fut nommé professeur à l'École polytechnique de Delft et, en 1900, membre de l'Académie des Sciences, et, par là même, membre de la Commission géologique, dont il n'avait été que le collaborateur. Malgré le mauvais état de sa santé, il tenta, avec ses élèves, de continuer les levés dans la région située entre Markeloo et Deventer. Les frais furent très modérés, mais on conviendra que le projet n'était guère viable, quand on se rappellera que dans les autres pays ces travaux ne sont pas confiés à des étudiants, mais à des hommes d'expérience.

En tout cas, on doit rendre un juste hommage aux efforts que fit Schroeder pour arriver à un résultat.

Étude des sables.

Cette étude se greffe sur celle des erratiques cristallins. En 1892, un forage de 68 mètres, exécuté à Bodegraves, fournit des échantillons de sable contenant quatorze variétés de minéraux. Déjà Retgers avait étudié les sables dunaux et projetait de continuer l'étude des autres sables, lorsque la mort l'enleva.

Dans les environs de Deventer, il existe des collines dont les sables, d'après Retgers, renferment des minéraux, les uns d'origine septentrionale, les autres d'origine méridionale. Les recherches de Schroeder

furent négatives; cet échec lui fit proposer les recherches *qualitatives* et *quantitatives*, méthode en faveur de laquelle il avait déjà rompu une lance au sujet des erratiques.

Il fit un triage mécanique de sables de provenance certaine et constata que les sables d'origine scandinave contiennent *plus* de 0.4 °/₀ de minéraux lourds et les sables provenant du Rhin et de la Meuse *moins* de 0.4 °/₀.

Le premier problème qui fut résolu est celui de la provenance des sables de la plaine de l'Yssel, aux environs de Deventer; ils sont le résultat du lavage des collines voisines.

Un second problème, qui reçut sa solution, fut que les courants quaternaires étaient beaucoup plus rapides que les courants alluviaux. Les premiers ont mélangé les éléments lourds et légers, tandis que les seconds n'ont amené que des éléments légers. Lorsque l'on dispose de plusieurs échantillons et qu'on les compare, on voit clairement le pourcentage diverger; un diagramme le fait voir à l'évidence.

Le problème n'est pas aussi facile lorsqu'on n'aura à sa disposition qu'un seul échantillon, et tel est fréquemment le cas dans les levés géologiques; c'est cette difficulté qui ramena Schroeder à l'examen qualitatif.

Il constata que dans les dépôts quaternaires l'hornblende-augite présente un pourcentage plus considérable que le grenat, tandis que dans les alluvions modernes on observe le contraire.

Le troisième problème se rapporte au sable de dunes et de plage, qui en certains points est tellement aride qu'on le désigne sous le nom de *sable mort*. Schroeder attribuait le fait à une petite quantité de feldspath, sans l'affirmer. Il voulait seulement attirer l'attention sur ce fait, afin que d'autres fissent les recherches voulues.

Détermination des minéraux (roches).

Ce fut en 1895 que Schroeder décrivit un moyen très simple d'étudier les propriétés optiques des petits cristaux au microscope. Il plaça dans l'ouverture de celui-ci une demi-sphère de verre, la partie plane au-dessus, et reposant sur cette partie plane une petite plaque de verre, portant le petit cristal. Cette disposition permet de tourner celui-ci non seulement suivant l'axe vertical, mais encore suivant n'importe quel axe horizontal, ce qui constitue un grand avantage.

La couleur joue un grand rôle dans ce genre de recherches : à l'état

compact, les minéraux sont souvent noirs; réduits en poudre et étendus sur une surface un peu rugueuse, la couleur apparaît.

L'indice de réfraction sert aussi à déterminer les minéraux en les comparant avec celui d'un liquide connu. Pour les minéraux à simple réfraction, la chose est facile, mais elle est plus compliquée avec ceux à double réfraction; dans ce cas, on doit procéder par tâtonnements. Cette méthode a permis de découvrir plusieurs éléments qui n'avaient pas encore été reconnus dans les sables.

Session extraordinaire :

M. le *Secrétaire* fait connaître qu'une grande majorité des membres s'est prononcée pour tenir la session de Liége en septembre; il communique les propositions d'excursion faites par MM. *Lohest* et *Forir*.

L'Assemblée, en lui laissant le soin d'en organiser les détails, décide qu'il y a lieu de considérer ces excursions comme des séances d'initiation et non de discussion.

La durée de la session est fixée à cinq jours, voyage compris.

La séance est levée à 10 heures 40.

ANNEXE A LA SÉANCE DU 18 JUILLET 1905.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE

A. W. ROGERS, Director of the Geological Survey of Cape Colony. — **An introduction to the Geology of Cape Colony**. London, Longmans, Green and C°, 1905.

Nous désirons appeler l'attention sur ce livre, pour faire ressortir l'intérêt qu'il présente, tant au point de vue de la géologie générale que pour la géologie plus spéciale du Congo, dont les territoires ne peuvent manquer de présenter de nombreux rapports avec ceux de l'Afrique du Sud. Celle-ci représente une ancienne terre émergée depuis la fin de la période devonienne. On y peut diviser les terrains en une série de systèmes, qui sont, de bas en haut, le système des Pre-Cape Rocks, le système du Cap, le système du Karroo, le système crétacé et les terrains plus récents.

Le système des Pre-Cape Rocks comprend une grande variété de terrains sédimentaires, métamorphiques, traversés par des roches plutoniennes, de composition surtout acide. On n'y a pas trouvé de fossiles, de sorte que leur âge n'a pu être déterminé, et l'on peut seulement constater que leur dépôt a précédé celui des terrains du système du Cap. Celui-ci comprend trois séries, qui sont, de bas en haut, la série de « Table Mountain » et la série de Bokkeveld, ces deux premières étant des formations marines, et la série de Witteberg, qui a été formée pendant l'émersion définitive du sol de l'Afrique du Sud. Les séries marines renferment des fossiles devoniens, qui se rapprochent le plus des fossiles de même âge des îles Falkland, de sorte qu'à l'époque devonienne une mer commune baignait ces parties de l'hémisphère austral.

Sur le système du Cap repose, en concordance, la série du Karroo.

C'est cette série qui présente, dans la Colonie du Cap, le plus grand intérêt, tant au point de vue de la géologie générale que de son importance économique, puisqu'elle constitue la plus grande partie du sol dans le Nord de la Colonie et bien au delà. A la base se trouve le conglomérat de Dwyka, où l'on a trouvé les traces d'une période glaciaire qui paraît avoir envahi la plus grande partie de l'hémisphère Sud jusqu'aux Indes anglaises, alors directement reliées à l'Afrique du Sud; de sorte qu'à cette époque le continent antarctique occupait la plus grande partie de l'hémisphère austral. Au-dessus du conglomérat du Dwyka repose la série d'Ecca, célèbre à cause de sa flore spéciale, la flore à *Glossopteris,* qui a occupé le continent de la Gondwana, comprenant la plus grande partie de l'hémisphère Sud. Cette flore spéciale, qui remonte au Carboniférien, a persisté jusqu'au Rhétien dans le Tonkin, et s'étendait en Asie et même en Russie jusqu'à l'Océan arctique, de sorte que, vers ces temps, le globe présentait deux flores distinctes : la flore carbonifère et la flore de Gondwana.

On a des raisons de croire que les deux provinces se rencontraient au Nord dans le Transvaal et au delà; en outre, que quelques points de cette frontière botanique auraient été reconnus au Brésil.

A la série d'Ecca succède celle de Beaufort, où les fossiles reptiles, très rares jusqu'ici, deviennent fort abondants. Un chapitre spécial, rédigé par M. R. Broom, leur est consacré. On y suit l'évolution de la faune des reptiles de l'Afrique du Sud, depuis le Permien jusqu'au Triasique supérieur, et le passage graduel du type reptilien à celui des mammifères primitifs. La flore de Gondwana persiste jusqu'à la fin de la série de Beaufort, mais dans celle qui lui succède, la série de Stormberg, du Nord-Est de la Colonie et du Basutoland, la flore se modifie et elle présente cette fois une analogie complète avec celle des autres régions du globe, de sorte qu'à partir de cette époque, qui correspond au Triasique supérieur, une flore unique semble occuper la totalité du globe, jusqu'au début de la période crétacique.

La série des terrains du Karroo se termine par un développement remarquable de formations volcaniques, qui occupent surtout le Nord-Est de la Colonie, dans les Drakensbergen et dans les hautes montagnes du Basutoland.

Pendant la période crétacée, le Sud de l'Afrique paraît avoir séparé deux mers, qui ont laissé sur le bord du continent des dépôts distincts, dont l'âge, il est vrai, ne concorde pas absolument : ceux d'Urtenhage, sur la côte Sud, et ceux du Pondoland, sur la côte Est. Ces derniers présentent des rapports étroits avec les dépôts crétacés de l'Inde,

de sorte que l'on peut admettre que l'océan Indien existait déjà à cette époque.

Quant aux dépôts récents, ils sont peu importants et représentent les effets habituels de la dénudation aérienne, qui a persisté dans cette partie du globe depuis le Devonien. Nous signalerons surtout la latérite et des quartzites superficiels, produits d'un climat tropical.

Pour terminer, nous signalerons la chaîne plissée, si remarquable, qui court parallèlement au rivage de la Colonie du Cap; du Nord au Sud, depuis le Cederbergen jusqu'au point correspondant à la ville du Cap. Ici elle se recourbe pour suivre, de l'Est à l'Ouest, le rivage méridional de l'Afrique jusqu'à la rivière Gualana, où, coupée subitement par un effondrement, elle disparaît au fond de la mer. Nous savons, d'autre part, que depuis l'extrémité orientale de cette chaîne jusque bien loin au Nord dans la Syrie, donc sur une étendue de près du quart du méridien terrestre, toute la côte orientale du continent africain présente une série de failles et de fosses d'effondrement nous montrant ainsi comment l'océan Indien, et probablement aussi les autres océans, se sont formés. Le plissement de la chaîne affecte les terrains devoniens du Cape System et la partie inférieure du Karoo, les couches de Dwyka et celles d'Ecca. Le plissement s'est donc produit entre le dépôt de ce dernier étage et celui de l'étage infracrétacé ou jurassique d'Uitenhage, qui repose en discordance sur les tranches des couches redressées du Système du Cap et de l'étage d'Ecca.

Des deux côtés de la chaîne on retrouve, au Sud, les couches du Pré Cape System, qui ont été fort peu dérangées, et, au Nord, la continuation du Karroo, dont les couches sont restées ici presque horizontales, ou plutôt sont disposées en forme de bassin plat, dont le centre se trouve plus au Nord. La péninsule du Cap, où le grès devonien de Table Mountain est resté horizontal, se trouve en dehors de la zone de plissement. Celle-ci présente, dans sa partie la plus large, une étendue de 150 kilomètres et une longueur de 100 kilomètres. Le plissement paraît avoir débuté dans les Cederbergen, qui constituent la partie Nord-Sud; puis, déviant dans la direction Est-Ouest, il a formé les Langebergen et les Zwartebergen, où ses effets sont le plus marqués.

Voilà donc, à grands traits, la géologie du Cap; celle des régions situées plus au Nord n'est pas traitée dans ce livre, mais il est probable que dans les éditions ultérieures, les travaux si remarquables des géologues du Transvaal, et si importants au point de vue minier, figureront à côté de ceux que l'on peut attendre du Geological Survey de l'Afrique du Sud. Enfin, terminons par un vœu, celui que le futur

service géologique du Congo ne se fasse pas trop longtemps attendre, et que l'on comprenne qu'un levé géologique, fût-il préliminaire, doit suivre de près la construction des lignes de chemin de fer, et que même, dans certains cas, il est préférable de commencer tout d'abord par l'étude géologique de la région. V. D. W.

A. Stella. — **Il problemo geo-tettonico del'Ossola e del Semplone.** Roma, Tipog. nazionale di G. Berteroœl, 1905.

Le percement du tunnel du Simplon n'a pas mis fin aux discussions des géologues au sujet de la tectonique des Alpes du Tessin et du Piémont, à cause de la difficulté de rattacher les couches traversées par le tunnel avec les terrains observés à la superficie du sol. Heureusement, le Service géologique d'Italie et celui de Suisse se sont mis d'accord pour dresser en commun une carte de la région du Simplon. M. A. Stella pour l'Italie, MM. C. Schmidt et H. Preiswerk pour la Suisse, ont été chargés de ce travail, qui ne manquera pas d'apporter de nouveaux éclaircissements sur cette question, si ardue et si compliquée. D'un autre côté, le Service géologique d'Italie prépare une carte spéciale des Alpes occidentales italiennes depuis Savone jusqu'au lac Majeur, où seront consignés les résultats des travaux si remarquables des géologues italiens dans ces dernières années, parmi lesquels il convient de citer surtout ceux de MM. S. Franchi et A. Stella.

Le présent travail résumant les conclusions auxquelles sont arrivés les géologues italiens au sujet de la région de l'Ossola et du Simplon, nous permet de nous rendre compte de sa structure extrêmement compliquée, grâce à une petite carte mise en rapport avec le profil géologique du tunnel. L'auteur établit une distinction complète entre les calcschistes d'origine mésozoïque (jurassique et triasique) et les formations gneissiques, qui sont d'âge plus ancien. Il nous montre que ces dernières constituent une série de massifs présentant une individualité lithologique et tectonique suffisante pour les distinguer les uns des autres. Elles sont bordées exactement par des bandes, parfois très étroites, de calcschistes qui ne sont que des synclinaux aplatis, apparaissant à la surface, dont le profil horizontal constitue parfois, entre les massifs gneissiques, des courbes très compliquées, mais pouvant rester parallèles entre elles sur une certaine partie de leur étendue.

On voit que l'auteur n'admet pas, pour la zone du Piémont et du

Tessin, les grands plis couchés que MM. Lugeon et Schardt ont découverts dans les Préalpes suisses. Les arguments stratigraphiques que fait valoir M. Stella et la disposition tectonique des terrains indiquée sur la carte mise en regard du profil constaté dans le tunnel, présentent une correspondance satisfaisante. A côté du profil indiqué par M. Stella, nous trouvons celui de M. Schardt, qui considère les couches de gneiss rencontrées dans le tunnel comme des plis couchés, s'avançant en anticlinaux vers le Nord-Ouest, de même que les couches mésozoïques intercalées entre les premières. De son côté, le géologue italien voit dans les calcschistes mésozoïques des synclinaux aplatis, plus ou moins couchés, séparés par des massifs de formations gneissiques autochtones. Cette dernière conception, à première vue plus simple que la première, paraît mieux rendre compte des faits observés sur le terrain, et malgré l'extrême complication des couches traversées par le tunnel, on peut parfaitement, grâce aux explications de l'auteur, avec la carte et les profils qu'il y a joints, se représenter la structure de cette partie des Alpes. Nous recommandons au lecteur le travail de M. Stella, parce qu'il constitue une excellente introduction à l'étude de ces régions. V. d. W.

A. Demangeon. — **La Picardie et les régions voisines (Artois, Cambrésis, Beauvaisis)**. Paris, Librairie A. Collin, 1905 (1).

La monographie de la Picardie, de M. Demangeon, figurera avec honneur dans la littérature géographique de la France. Pour nous, géologues belges, elle présente un double intérêt. La description de la plaine de Picardie, basée sur la constitution géologique du sol, nous initie à un grand nombre de particularités des pays de la craie, elle nous montre l'influence que la nature du sol a exercée sur l'agriculture, sur la distribution de la population, sur son industrie. D'un autre côté, la Picardie se rattachant, par sa constitution géologique, au Sud-Ouest de l'Angleterre, à laquelle elle est restée reliée jusqu'à l'époque quaternaire, et se continuant au Nord, par-dessus la crête de l'Artois, avec les plaines de la Basse-Belgique, où la craie a été remplacée ou recouverte par les sables et les limons tertiaires, nous rappelle ce que fut autrefois

(1) Volume offert à la Bibliothèque de la Société par *l'éditeur* (n° 4685 de la Bibliothèque).

notre pays, et nous le montre relié à ce qui reste de la partie occidentale du continent européen. Du contraste géologique et de l'analogie orographique et climatérique des deux plaines proviennent une foule de traits communs, avec une évolution économique différente, encore accentuée par l'existence, entre l'Artois et la Belgique, d'une zone minière, où s'est développée une des régions industrielles les plus remarquables du globe.

L'histoire géologique de la plaine de Picardie et celle des plaines de la Basse-Belgique sont restées confondues jusque pendant le Tertiaire, mais à partir du redressement de l'Artois, elles sont devenues distinctes. Néanmoins, l'étude du livre de M. Demangeon nous reporte sans cesse vers notre pays, et l'on est amené involontairement à souhaiter pour la description de la plaine belge, un géographe aussi érudit et aussi attentif que le professeur de l'Université de Lille.

Signalons subsidiairement les passages relatifs à la formation de l'axe de l'Artois et de celui du pays de Bray, ainsi que le chapitre qui traite de la craie constituant presque exclusivement le sol de la Picardie. En Belgique, la craie apparaît très peu à la surface du sol, et pour qui veut se rendre compte de la nature de cette formation, nous ne pouvons mieux faire que de conseiller l'étude de l'ouvrage de M. Demangeon. Nous avons lu ensuite, avec le plus vif intérêt, les quelques pages qu'il a consacrées à l'argile à silex, dérivée de la craie par décalcification et par dissolution chimique. Cette argile, dont les silex ont donné naissance successivement aux différents graviers tertiaires, recouvre encore la craie en beaucoup d'endroits du Nord de la France. Il est probable qu'elle existe aussi, quoique à un moindre degré, en Belgique; mais elle y est recouverte partout par les dépôts tertiaires, sauf dans le pays de Herve et en certains points des Ardennes, où on la retrouve mélangée aux sédiments tertiaires, dans des poches creusées à la surface du sol.

Nous ne suivrons pas plus loin l'auteur, dans la partie plus spécialement géographique de son sujet, mais la description qu'il nous donne de la Picardie reste intéressante jusqu'au bout et réalise en tous points l'idéal de la monographie d'une région géographique.

V. D. W.

NOTES ET INFORMATIONS DIVERSES

Conséquences curieuses de la montée artificielle d'eaux profondes dans la nappe phréatique.

Dans un travail très intéressant au sujet de la recherche des eaux artésiennes, pour alimenter Amsterdam et La Haye, l'ingénieur minier R.-D. Verbeek signale un phénomène fort curieux, surtout au point de vue de son origine. Depuis quelques mois, les habitants de Scheveningue se plaignent du fait que leurs maisons se trouvent dans un continuel état de tremblement. On aurait même constaté que les oscillations présentaient un certain rythme et que leur direction était perpendiculaire au rivage de la mer.

On a cherché la cause du phénomène dans le travail des machines de la station centrale d'électricité de la ville, alors qu'à Amsterdam et dans d'autres endroits, à sous-sol tourbeux, on n'a pas pu constater les mêmes inconvénients dans le voisinage des stations d'électricité. D'ailleurs, l'étendue de la région dans laquelle les oscillations étaient constatées paraissait trop considérable, et il serait, du reste, facile d'obtenir une preuve indiscutable en arrêtant pendant quelques heures le travail des machines. On a donc cherché ailleurs, et du fait que les oscillations étaient surtout bien prononcées au moment du flot montant, on a conclu qu'elles provenaient du mouvement des eaux provoqué par la marée, et que celle-ci parvenait à exercer son action plus loin à l'intérieur, par suite de l'établissement récent d'un port de refuge.

M. Verbeek cherche ailleurs le fait nouveau qui expliquerait comment les oscillations se sont produites tout récemment. Grâce à l'observation systématique du niveau des eaux souterraines des dunes de Scheveningue, on a constaté que depuis environ deux années, ce niveau s'est élevé de 2m50, bien que, pendant ce même espace de temps, on ait pompé plus de 19 millions de mètres cubes d'eau. On ne pourrait attribuer ce relèvement à une augmentation de la quantité des eaux de pluie de ces trois dernières années.

L'excès d'eau est venu des profondeurs du sol, et voici comment. On vient d'exécuter pour La Haye — ce qu'on a proposé également pour Amsterdam — le forage de puits artésiens dans la région des dunes, pour laisser monter les eaux contenues dans les couches profondes vers les couches superficielles, où se trouvent établis les canaux de drainage pour la distribution d'eau de cette ville. Les quantités d'eau profonde ainsi obtenues sont tellement considérables que les couches superficielles, desséchées jusqu'ici par le drainage, ont vu leur niveau d'eau se relever de 2m50, au point que la végétation, qui avait disparu à la surface du sol, réapparaît peu à peu. De cette façon, le sable sur lequel Scheveningue est bâti se charge d'eau et, devenu plus ou moins fluide, transmet soit les secousses des machines de la station d'électricité, soit celles des eaux mises en mouvement par le jeu des marées.

L'explication de M. Verbeek paraît très plausible, et il nous a paru utile de la signaler pour faire ressortir une des nombreuses manifestations de l'eau en circulation dans les couches profondes du sol. V. D W.

SÉANCE MENSUELLE DU 17 OCTOBRE 1905.

Présidence de M. **Ad. Kemna**, *Président.*

La séance est ouverte à 8 h. 30 (35 membres présents).

M. le Président annonce à l'Assemblée que M. le professeur **Traquair**, membre honoraire de la Société, lui fait l'honneur d'assister à la séance; il invite notre honorable confrère à prendre place au Bureau.

M. *Prinz* s'excuse de ne pouvoir assister à la séance.

Correspondance :

M. *Charles Lefébure*, ingénieur, annonce à la Société qu'il a pu réunir la somme de trois mille deux cents francs, pour aider à la perdurance de nos stations sismiques. Ce don généreux provient de M. Ernest Solvay, pour 2500 francs, de Mme Alfred Solvay, pour 500 francs, de M. Semet-Solvay, pour 200 francs.

M. le *Président* fait ressortir l'opportunité de cette intervention pécuniaire, sans laquelle la Société aurait dû renoncer à continuer des travaux qui s'annoncent, scientifiquement, d'une façon très favorable. Il se fait l'interprète de l'Assemblée pour remercier la famille Solvay. (*Applaudissements.*)

M. *Mourlon* annonce que l'Institut cartographique militaire ne peut abaisser le prix de la carte au $^1/_{1\,000\,000}{}^e$, comme il l'avait fait espérer à la séance de juillet.

Dans ces conditions, il n'a pas été possible au Bureau de mettre à exécution le vœu de l'Assemblée d'annexer cette carte à notre *Bulletin*. L'Institut cartographique militaire la met en vente au prix de 50 centimes pour les membres de nos Sociétés savantes, etc.

Dons et envois reçus :

M. *Rutot* a reçu de M. *Herman Haupst* l'ensemble des discours prononcés lors de l'inauguration du buste de Stübel. Il en fait don à la Société. (*Remerciements.*)

1° De la part des auteurs :

4763. ... *Ressource map. Dominion of Canada.* Ottawa, 1905. Brochure in-16 de 20 pages et 1 carte.

4764. ... *Relief map of the Dominion of Canada.* Ottawa, 1904. Échelle du 1/6 336 000.

4765. ... *Explorations géologiques dans les régions aurifères de la Sibérie. Région aurifère d'Iénisséi.* Livraison V. Saint-Pétersbourg, 1904. Brochure in-8° de 132 pages, 19 figures et 1 carte.

4766. ... *Explorations géologiques dans les régions aurifères de la Sibérie. Région aurifère de l'Amour.* Livraison IV. Saint-Pétersbourg, 1904. Brochure in-8° de 122 pages et 5 cartes.

4767. **Beadnell, H. J. L.** *The topography and geology of the Fayum Province of Egypt.* Le Caire, 1905. Volume in-4° de 99 pages, 24 planches et 10 figures.

4768. **Courcelle, Louis,** et **Dardart, E.,** *Législation des eaux.* Paris, 1905. Volume in-8° de 952 pages. (Don de l'éditeur, H. Dunod.)

4769. **d'Andrimont, R.,** *Les échanges d'eau entre le sol et l'atmosphère. La circulation de l'eau dans le sol. Exposé de nos connaissances actuelles et des recherches à entreprendre.* Liége, 1905. Extrait in-8° de 27 pages et 10 figures.

4770. **Delgado, J. F. N.** *Deux mots à propos du livre de M. Georges Engerrand : « Six leçons de préhistoire ».* Lisbonne, 1905. Extrait in-8° de 5 pages.

4771. **Drioton, C.** *Les cavernes de la Côte d'Or.* Paris, 1897. Extrait in-8° de 27 pages.

4772. **Ferrero, E.** *Osservazioni meteorologiche fatte nell' anno 1904 all' Osservatorio della R. Universita di Torino.* Turin, 1905. Extrait in-8° de 53 pages.

4773. **Fournier, E.** *Les cavernes des environs de Marseille.* Paris, 1897. Extrait in-8° de 70 pages, 5 plans et coupes.

4774. **Hepites, St.-C.** *Materiale pentru Sismografia Romaniei. XI Seismele din anul 1904 st. n.* Bucarest, 1905. Extrait in-8° de 11 pages.

4775. **Lalande, Ph.** *Les grottes artificielles des environs de Brive (Corrèze).* Paris, 1897. Extrait in-8° de 32 pages, 1 planche et 2 plans.

4776. **Lang, O.** *Die Schlingenbildung des Fuldatales bei Guxhagen.* Berlin, 1905. Extrait in-8° de 11 pages.

4777. **Lespineux, G.** *Étude génésique des gisements miniers des bords de la Meuse et de l'Est de la province de Liége.* Liége, 1905. Extrait in-8° de 27 pages, 5 planches et 6 figures.

4778. **Martel, E.-A.**, et **Rupin, E.** *Troisième exploration du gouffre de Padirac (Lot).* Paris, 1896. Extrait in-8° de 24 pages et 6 figures.

4779. **Mazauric, F.**, et **Cabanès, G.** *Le Spélunque de Dions (Gard).* Paris, 1896. Extrait in-8° de 38 pages et 7 figures.

4780. **Mourlon, M.** *Considérations sur le Dévonien supérieur (Famennien) de la carrière du bois de Beaulieu située entre Le Hure et Fiennes (Bas-Boulonnais).* Liége, 1905. Extrait in-8° de 6 pages.

4781. **Mourlon, M.** *Un complément à apporter à l'organisation de l'enseignement supérieur des sciences géologiques dans l'ordre de l'expansion économique mondiale.* Mons, 1905. Extrait in-8° de 7 pages.

4782. **Raymond, P.** *Les rivières souterraines de la Dragonnière et de Midroï (Ardèche).* Paris, 1897. Extrait in-8° de 40 pages, 3 planches et 6 gravures.

4783. **Schwarz, E. H. L.** *The Transvaal formation in Prieska, Cape Colony.* Prétoria, 1905. Extrait in-8° de 16 pages et 1 planche.

4784. **Reid, Cl.** *The Island of Ictis.* Westminster, 1905. Extrait in-4° de 8 pages et 2 figures.

4785. **Thoulet, J.** *Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par Albert Ier, prince souverain de Monaco, publiés sous sa direction, avec le concours de M. Jules Richard. Fascicule XXIX. Mémoires océanographiques (première série).* Monaco, 1905. Volume in-plano de 134 pages et 9 planches.

4786. **Twelvetrees, W. H.** *The progres of the mineral industry of Tasmania, for the quarter ending 31st March, 1905.* Hobart, 1905. Brochure in-12 de 20 pages.

4787. **Twelvetrees, W. H.** *On coal at Mount Rex.* Hobart, 1905. Extrait in-12 de 7 pages et 1 carte.

4788. **Verbeek, R.-D.** *Artesisch drinkwater voor Amsterdam en 's Gravenhage.* Haarlem, 1905. Volume in-8° de 104 pages.

4789. **Viré, A.** *La faune souterraine; études sur la faune cavernicole du Jura avec quelques mots sur la faune des catacombes de Paris et des souterrains refuges de Naours (Somme). Recherches préhistoriques dans le Doubs et le Jura.* Paris, 1896. Extrait in-8° de 35 pages, 8 gravures et 2 plans.

4790. ... *Exposition internationale de Liége, 1905. — Section nationale des Sciences. — Notice relative aux stations sismiques de Frameries et de Quenast.* Bruxelles, 1905. Brochure in-8° de 20 pages et 3 figures.

4791. **Dollo, L.** *Les allures des Iguanodons, d'après les empreintes des pieds et de la queue.* Paris, 1905. Extrait in-8° de 12 pages, 1 planche et 4 figures.

4792. **Obst, H.** *Ein Museum für Länderkunde. Vortrag zu Alphons Stübel's Gedächtnis.* Leipzig, 1905. Extrait in-8° de 24 pages et 1 portrait.

4793. **Rio, M.-E.**, et **Achaval, L.** *Geografia de la provincia de Cordoba.* Buenos-Aires, 1905. 2 volumes gr. in-8° de 569 et 669 pages, et 1 atlas in-plano de 9 cartes et 3 planches.

2° Périodiques nouveaux :

4794. CHICAGO. *Field Columbian Museum. Geological series.* Publications, 1895 à 1904.

4795. MEXICO. *Instituto geologico.* Parergones, 1903 et 1904.

4796. PERTH. *Geological Survey of Western Australia.* Bulletins, 1898 à 1904.

M. le Consul général du Chili, à Anvers, nous envoie en don la *Estadistica Minera de Chili* relative à l'année 1903. (*Remerciements.*)

Présentation et élection de nouveaux membres.

Sont présentés et élus par le vote unanime de l'Assemblée :

En qualité de membres effectifs :

MM. CAUDERLIER, ÉM., 10, rue de Crayer, à Bruxelles, ancien membre de la Société;

TEIRLINCK, I., professeur de sciences naturelles aux Écoles normales, 33, rue Derosne, à Molenbeek-Saint-Jean;

HEGENSCHEID, A., docteur en sciences, actuellement membre associé regnicole, 30, rue Gauthier, à Molenbeek-Saint-Jean.

Décès.

M. le *Président* a le regret d'annoncer à l'Assemblée le décès du BARON VON RICHTHOFEN, membre honoraire, dont M. *J. Bertrand* prononcera l'éloge funèbre au cours de cette séance, et celui de M. SCHROEDER VAN DER KOLK, membre effectif. Notre confrère M. *Lorie* a bien voulu nous transmettre déjà des renseignements sur la vie, si bien remplie, de son savant compatriote.

Communications :

Em. de Munck. — Une secousse sismique le 16 juillet 1905, à Bon-Vouloir en Havré.

Me trouvant à Bon-Vouloir en Havré le dimanche 16 juillet 1905, j'y ai ressenti une secousse terrestre si bien caractérisée que je crois devoir vous en donner une relation aussi minutieuse que possible et vous dire les sensations qu'elle me fit éprouver.

Ma mère et moi causions, assis chacun dans un fauteuil, au *rez-de-chaussée* de son habitation, lorsque nous ressentîmes une secousse si violente que, sans cependant quitter son siège, mon interlocutrice s'inquiéta vivement. Je la rassurai en lui disant qu'à notre époque, dans nos régions, les mouvements du sol les plus intenses n'avaient jamais produit d'accidents bien graves.

Cependant, l'ébranlement fut tel qu'un instant il m'avait semblé que les montants en marbre de la cheminée à côté de laquelle j'étais assis allaient me tomber sur les genoux. Malgré mon calme, je fus, je l'avoue, assez surpris; je savais cependant la région impressionnable et, naguère, j'avais ri de la panique exagérée qu'avaient causée sur les habitants d'Havré les secousses survenues en 1887 (1).

La secousse que j'éprouvai à Bon-Vouloir fut donc violente et je ne saurais mieux la décrire qu'en disant que ma sensation fut comme si un être mystérieux, *fort vigoureux,* avait imprimé à l'habitation un mouvement *très énergique* de va-et-vient, dans un sens horizontal et par le dessous.

Il était, à ma montre, 7 $^1/_4$ heures du soir au moment où la secousse s'est produite.

Celle-ci *m'a semblé* avoir eu lieu dans le sens du Nord-Ouest au Sud-Est ou du Sud-Est au Nord-Ouest, aucune chute de corps, ouverture ou fermeture de porte ou de fenêtre ne m'ayant permis de préciser.

Tandis que je faisais ces constatations à l'intérieur de l'habitation de ma mère à Bon-Vouloir, un domestique de celle-ci voyait s'élancer, inquiets, hors de leurs maisons les habitants du hameau.

Une femme de Bon-Vouloir m'a dit que, le même jour, elle avait entendu, vers 2 ou 2 $^1/_2$ heures de l'après-midi, un grondement qu'elle

---

(1) Ém. de Munck, *Les tremblements de terre d'Havré (Hainaut)*. (Bull. Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol., t. I, 1887; Mém., pp. 177-191, pl. VIII.)

avait pris pour un coup de tonnerre. Le temps n'était cependant pas orageux.

A cette même heure, j'étais attablé dans une maison à Saint Symphorien, occupé à étiqueter des objets préhistoriques, et ni mes fouilleurs, qui m'accompagnaient, ni moi-même n'avons rien ressenti ni entendu.

N'ayant pu disposer du temps nécessaire à une enquête, je ne sais si au village d'Havré proprement dit ou ailleurs, aux environs, des secousses ont été ressenties dans la journée du dimanche 16 juillet. Dans tous les cas, celle que j'ai observée moi-même à Bon-Vouloir était réellement trop intense pour résulter, me semble-t-il, d'un éboulement survenu dans les galeries abandonnées après exploitation, au charbonnage de la localité. Elle doit sans doute son origine à un phénomène de plus ample importance qu'un déhouillement, à un phénomène au sein soit de nos terrains primaires, dont les failles peuvent *jouer*, pour me servir d'une expression de notre confrère M. Cornet (1), soit de nos couches crétacées, soit, enfin, à une perturbation terrestre beaucoup plus considérable.

Lorsqu'en 1896 je présentai à notre Société quelques notes ayant rapport au tremblement de terre qui, le 2 septembre 1896 (2), a affecté diverses localités du Nord de la France et du territoire belge, je me demandai si nos régions, minées par l'industrie du charbon et d'*équilibre affaibli*, n'avaient pas simplement subi le contre-coup de troubles souterrains graves survenus en d'autres points du globe. Je pose encore aujourd'hui cette même question, et cela d'autant plus que je lis ce qui suit dans le *Petit Bleu* du mardi 18 juillet 1905 :

> Une très forte secousse de tremblement de terre s'est produite dimanche, à 2 heures de l'après-midi, à Scutari. Cette secousse a été précédée et suivie d'un long grondement. A 4 heures, quatre autres secousses se sont produites.

A la suite de la communication de M. de Munck, M. *Van den Broeck* rappelle que les journées des 15 et 16 juillet et celles de la période

---

(1) J. CORNET, *A propos du récent tremblement de terre de la Belgique et du Nord de la France*. (BULL. SOC. BELGE DE GÉOL., DE PALÉONTOL. ET D'HYDROL., t. IX, 1895; Procès-verbaux, pp. 123-131.)

(2) ÉM. DE MUNCK, *Considérations au sujet du tremblement de terre du 2 septembre 1896*. (BULL. SOC. BELGE DE GÉOL., DE PALÉONTOL. ET D'HYDROL., t. X, 1896; Procès-verbaux, pp. 172-177.)

englobante paraissent avoir été troublées, un peu partout, par une recrudescence de phénomènes spéciaux et par des manifestations accentuées, tant de météorologie exogène, ou atmosphérique, qu'endogène, ou interne. La radiation solaire s'exerçait avec une activité, certes justifiée par la saison, mais cependant anormale par son intensité et par son action sur l'organisme humain. Les nouvelles reçues à cette époque, aussi bien de l'armée russe en Mandchourie que de la ville de New-York, pour prendre un exemple typique, en font foi. Le 12 juillet, il y eut, en cette seule ville, 15 décès par insolation; 16 morts le 18; 27 décès le 19 et 52 personnes transportées dans les hôpitaux en ce même jour.

Dans la nuit du 14 au 15, le sommeil fut rendu impossible, et les journaux rapportent que durant toute la nuit, trottoirs, squares, balcons et toits étaient garnis de monde, auquel le repos dans les chambres et lits était rendu impossible. En deux heures de temps, dans la soirée du 14 juillet, 250 enfants sont morts à New-York par suite de l'excès tout à fait anormal de chaleur qui régna ce jour.

Des orages violents sont signalés dans diverses contrées à la date du 16 juillet, et, pour ne parler que de la Belgique, qui ne se souvient du récit terrifiant des dégâts extraordinaires causés par le formidable orage à grêle qui dévasta furieusement, outre les régions de Charleroi, Arlon et Bouillon, le pays de Dinant, notamment à Annevoie, Bioul, Leffe, Warnant et Yvoir? Les journées des 15 et 16 juillet furent, un peu partout et en divers pays, marquées par une curieuse série d'écroulements, d'éboulements souterrains et autres. A ceux de nature minière signalés en Angleterre, dans le Nord de la France et en Belgique par les journaux, il doit s'en ajouter bien d'autres dont l'écho n'est pas parvenu jusqu'ici. La terrible explosion de grisou, d'origine restée inconnue malgré l'enquête faite, qui, dans la mine de Wattstoven, près Pontypridd (Pays de Galles), ensevelit 180 mineurs, dont 120 furent tués, date du même cycle de mi-juillet (le 11 de ce mois).

La revue *Ciel et Terre*, dans son exposé des phénomènes sismiques principaux observés à Uccle, nous apprend (n° 12, du 16 août 1905, p. 301) que l'agitation sismique pendant le mois de juillet a été très considérable. On a même, dit le bulletin spécial rédigé par M. Somville, enregistré, le 9 et le 23 de ce mois, « de violentes secousses sismiques, sans précédent à Uccle, depuis l'installation de la station géophysique ». Des pendules sismiques ont été « déplacés » à ces dates, et le 23, le diagramme magnétique, qui, lui aussi, enregistrait nettement la secousse de ce jour, rappelait, dit le susdit bulletin, la forme des diagrammes sismiques.

Quant au *Bulletin météorologique de Rome*, qui, déjà pour le 13, enregistrait un sismogramme perçu à Foggia, il annonçait pour le 14 au soir une secousse d'origine lointaine, notée à la fois à Padoue, à Rocca di Papa et à Florence.

Le 16 juillet, vers 1 h. $^1/_2$, un sismogramme d'origine voisine est noté à Padoue et à Rocca di Papa, et à 8 h. $^1/_4$, un nouveau sismogramme est noté à Padoue, où d'autres se produisent encore le lendemain, ainsi qu'à Rocca di Papa. Puis tout rentre dans le calme et les tressaillements terrestres cessent.

Sans vouloir établir de corrélations absolues entre les multiples phénomènes endogènes et autres, ici énumérés, on voit, dit M. Van den Broeck, que la période troublée, ayant les 15-16 juillet pour centre de phase d'excitation, permet de croire, tout au moins, que le phénomène décrit pour le 16 juillet par M. de Munck appartient plutôt à une manifestation d'ordre endogène qu'à la catégorie des affaissements locaux survenant dans des régions déhouillées. Il est à remarquer, cependant, que de tels tassements peuvent, non sans raison, être considérés comme *provoqués* par l'état d'équilibre instable résultant d'agitations terrestres, dues à des causes générales d'origine endogène.

En terminant ses remarques sur la communication de M. de Munck, M. Van den Broeck ajoute que notre collègue M. Eug. Lagrange se proposait de faire à l'Assemblée une communication complémentaire sur le même sujet, donnant plus de portée encore à l'ensemble de faits qui viennent d'être exposés en faveur d'actions endogènes, et il en dit quelques mots, après avoir transmis à l'Assemblée les vifs regrets de M. Lagrange de se trouver fâcheusement empêché d'assister à la séance.

L'Assemblée décide d'adjoindre au procès-verbal de ce jour la communication que M. Lagrange se proposait de faire et dont il lui sera réclamé la rédaction. Conformément à ce vœu, notre estimé confrère a envoyé l'exposé résumé qui suit et annonce qu'il se propose de reprendre ultérieurement ce sujet en plus grands détails.

E. Lagrange. — Les sismogrammes du 16 juillet 1905.

Le 16 juillet de cette année, il a été ressenti à la station souterraine de Frameries un mouvement sismique assez peu marqué, qui débuta vers 12 h. 25 m. Sa division en phases indique qu'il s'agit d'un tremblement de terre à hypocentre éloigné. Il est probable que le phénomène est en relation avec des mouvements sensibles constatés à Scutari.

Vers 12 h. 30 m., toutes les stations italiennes renseignent ce sisme.

Le même jour, à 7 h. 15 m. du soir (temps de Greenwich), un microsisme a été enregistré à Padoue et indiqué comme ressenti à Strasbourg à 7 h. 59 m., avec son maximum à 7 h. 2 m.

La station de Frameries ne l'a pas enregistré parce que, par suite d'accident, la lumière a fait défaut à partir de 4 heures.

D'après une communication que je reçois de M. Schütt, directeur de la station sismique de l'État, à *Hambourg*, le sisme de 7 h. 15 m. y a été enregistré. Le Bulletin de Hambourg n'ayant pas encore paru, je ne puis citer que cette indication générale.

A *Uccle* enfin, le mouvement de 12 h. 30 m. a été enregistré, mais d'une manière très peu sensible; celui de 7 heures du soir ne l'a pas été.

Comme conclusion, il s'est bien propagé vers 7 heures du soir, dans le Nord de l'Europe, un mouvement sismique, d'origine inconnue, mais certes éloignée, comme l'indiquent les données de Strasbourg.

L. Dollo. — **Les Dinosauriens bipèdes retournés à l'état quadrupède.**

La communication de notre confrère paraîtra aux *Mémoires;* en voici les importantes conclusions :

1. — Il y a des *Dinosauriens* adaptés à la *Vie Quadrupède Primaire.*

Ce sont les *Sauropodes.* Exemples : *Brontosaurus* et *Diplodocus.*

2. — Il y a des *Dinosauriens* adaptés à la *Vie Bipède Primaire.*

Ce sont les *Prédentariens Bipèdes.* Exemple : *Iguanodon.*

3. — Il y a des *Dinosauriens* adaptés à la *Vie Quadrupède Secondaire.*

Ce sont les *Prédentariens Quadrupèdes.* Exemples : *Stegosaurus* et *Triceratops.*

4. — De plus, ces *Retours* à la *Vie Quadrupède* furent *Indépendants.*

Car ce sont des *Adaptations Différentes.*

Puisque l'une repose sur l'*Atrophie du Postpubis (Triceratops)*, tandis que l'autre dépend de son *Changement de Fonction (Stegosaurus).*

— D'ailleurs, elles ne sont pas contemporaines : celle-ci remontant au Jurassique supérieur; celle-là au Crétacé supérieur.

5. — C'est grâce à l'*Irréversibilité de l'Évolution* qu'il a été possible de retrouver la Vie Bipède intercalée entre les deux Vies Quadrupèdes de *Stegosaurus* et de *Triceratops.*

Si l'Évolution était réversible, ces deux Dinosauriens auraient repris exactement leur forme quadrupède antérieure, et on n'aurait pu distinguer leur Vie Quadrupède Secondaire de leur Vie Quadrupède Primaire.

C. VAN DE WIELE. — **Sur les glissements des limons et argiles et sur les conditions de stabilité des maçonneries (quais, etc.).**

La question de la stabilité des couches sédimentaires est de celles qui doivent continuer à s'imposer à notre ordre du jour. Il n'y a pas longtemps encore que notre Société a étudié la question des terrains boulants. A en juger d'après les travaux du Service géologique de Suède, les déplacements secondaires des couches sédimentaires superficielles jouent, dans les régions scandinaves et arctiques, un rôle si important, que les géologues du Nord de l'Europe tendent à les considérer comme un facteur très actif dans la configuration superficielle du sol, qui a profondément remanié une grande partie des dépôts glaciaires. MM. G. Andersson pour le Spitzberg, Högbom et Rutgen Sernander pour la Suède, ont surtout étudié la question. Le premier parle même de terrain boulant fossile, ou de terrasses d'écoulement fossile, dont l'âge remonterait au Glaciaire intermédiaire de Scandinavie. Nous nous occuperons surtout du travail de M. Högbom. Il désigne les terrains boulants sous un nom assez caractéristique, « jäslera », c'est-à-dire argile en fermentation, ou limon argileux qui bouge. Parlant des conditions qui président à leur formation, il arrive aux conclusions connues : terrain meuble, plus ou moins situé en pente et susceptible d'absorber des quantités plus ou moins grandes d'eau, qui, si elle peut circuler, entraîne avec elle le terrain lui-même. Il combat avec raison la conception que l'on rencontre parfois chez les gens du métier, qui consiste à considérer l'état boulant comme un état propre à certains terrains donnés, tels que le sable trop chargé d'eau, et certains limons et argiles, dits jäslera en Suède, kwelm en Flandre, flijtjord (terrain coulant), etc., tandis qu'il ne faut jamais oublier que la vraie cause du mouvement est la circulation de l'eau. En Suède, la disposition des terrains très meubles, relativement peu épais, reposant sur des surfaces cristallines, parfois très inclinées, provoque chaque année, lors de la fonte des neiges, des déplacements considérables, de sorte que les roches profondes sont mises à nu sur de vastes étendues, et il est probable que, dans cette érosion de la surface du pays, les actions post-glaciaires ont joué un rôle tout aussi considérable que les glaciers eux-mêmes. Il serait trop long d'entrer dans les détails; il suffira de dire que ces déplacements des terrains meubles détruisent les forêts et modifient même le caractère général de la végétation dans certains districts, ne permettant plus que le développement de végétaux de

petite ou de courte existence. Enfin les fleuves eux-mêmes voient leur cours se modifier et présentent des caractères spéciaux que M. Högbom a indiqués sur une carte jointe à son travail.

Ces considérations m'étaient encore présentes à l'esprit lorsque survint le déplacement du quai d'Anvers, et comme il était arrivé à ma connaissance que, chaque fois que l'on exécutait des travaux dans le sol de remblai derrière le quai, on ne tardait pas à rencontrer de l'eau, au point qu'il était parfois nécessaire de prendre des mesures spéciales pour pouvoir conduire le travail à bonne fin, il me vint naturellement à l'idée de rechercher si l'on ne devait pas considérer l'eau comme jouant un certain rôle dans le déplacement de la maçonnerie du quai. C'est ainsi que, quoique tout à fait étranger aux questions techniques en jeu, je me suis permis de rassembler certains détails que je désire soumettre à l'examen des personnes compétentes.

Nous savons que l'Escaut décrit à la hauteur d'Anvers une boucle, convexe vers l'Est, et que de ce côté le terrain de la rive droite affecte la forme d'un amphithéâtre, peu profond il est vrai, et à la surface duquel les eaux naturelles coulent vers le fleuve. La constitution géologique du sol, d'après les détails qu'a bien voulu me donner le baron van Ertborn, est très simple. A la surface, le Flandrien, à l'état de sable pur légèrement argileux; en dessous le Bolderien, facies inférieur à Panopées, le tout reposant sur le Rupelien, ou argile de Boom. Celle-ci a une surface oblique, inclinée du Sud-Ouest au Nord-Est de 5 mètres environ par kilomètre. A l'enceinte du Kiel, au Sud, en amont du fleuve, l'argile atteint la cote — 4; au sondage du bassin de natation, à 300 mètres tout au plus du fossé de l'enceinte, on la rencontre à — 8 mètres; à la place Saint-André, plus au Nord-Est, elle descend à — 17 mètres; enfin plus au Nord-Est encore, à la Tour bleue, elle se trouve à — 20 mètres. La puissance de l'argile dans la partie Sud de la ville est de 60 mètres. Le Bolderien, sable à Panopées, n'est guère perméable; il est fin, légèrement argileux; son facies supérieur à Pétoncles, beaucoup plus perméable, ne dépasse pas, vers le Sud, l'écluse du bassin de batelage. Quant au Flandrien, il a une épaisseur moyenne de $1^{m}80$; toutefois, près de l'Escaut, cette épaisseur pourrait atteindre 4 mètres. M. van Ertborn ajoute que les eaux naturelles paraissent ne pas pouvoir jouer un grand rôle dans cette zone, mais qu'il est possible que les eaux soient amenées par le fossé de l'enceinte du côté de Berchem, où le sol atteint la cote 12, et où le plan d'eau doit être plus élevé qu'au Kiel, se trouvant à la cote 4 ou

5 mètres. Je dois cependant faire observer que la constatation des eaux dans les travaux du sol du quai met hors de doute l'infiltration des eaux et leur stagnation derrière le mur.

Examinons maintenant la maçonnerie du quai. La hauteur verticale est de 17 mètres, la base élargie a 9 mètres d'épaisseur et une hauteur d'un peu plus de 2 mètres. Les marées les plus hautes atteignent à 2 $^1/_2$ mètres environ de la tablette du mur, les marées les plus basses descendent parfois de 4 mètres. Cette partie du quai est la première qui ait été construite; elle date de 1885, alors que le travail a été achevé au Nord en 1900. La profondeur du fleuve à quai atteignait, à cet endroit, d'abord 5 mètres sous marée basse; plus tard, on y a pratiqué des dragages, qui paraissent avoir descendu le fond du fleuve à peu près au niveau supérieur de la base élargie du mur.

Cette section du quai avance de 50 à 60 mètres sur le lit ancien du fleuve. Le creux situé derrière le mur a été remblayé par les sables et la vase provenant du dragage du fleuve, de sorte que le sol ainsi formé est parfaitement perméable à l'eau. Mais il y a plus. Il paraîtrait que cette section du mur du quai repose sur le sable à Panopées; donc sa base n'aurait pas été foncée dans l'argile, et il ne paraît pas que l'on ait enfoncé de pilotis pour le fixer. Enfin, il a existé autrefois à cet endroit une cale sèche, où des effondrements se sont produits à plusieurs reprises, de sorte que cette partie du rivage était alors considérée comme offrant peu de stabilité.

Actuellement, le mur, qui était penché en arrière, est devenu vertical, exécutant probablement sur sa base un mouvement de rotation, qui a déplacé la tablette supérieure de 1^{m}25 en avant, et sur une certaine étendue de la partie déplacée, cette tablette est descendue de 13 centimètres.

Avant le déplacement, les conditions étaient donc les suivantes : Un mur de 17 mètres de hauteur arrête les eaux descendant la pente naturelle de l'argile imperméable; celles-ci infiltrent le terrain remblayé situé derrière le mur jusqu'à sa base. Si le renseignement au sujet de la nature sableuse de la fondation sur laquelle repose le mur est exact, les eaux passent sous celui-ci, pour rejoindre le courant du fleuve, et dès lors rien d'étonnant qu'après quelques années le mur ait dû céder, et il finira par s'effondrer complètement si l'on ne parvient pas à arrêter la circulation de l'eau, qui, dans le cas présent, est encore facilitée par le changement de pression quotidien provenant des marées, grâce surtout au peu de hauteur qui sépare le fond du fleuve de la base du mur.

Si cependant nous admettons que le mur repose sur l'argile, la circulation de l'eau est plus difficile; mais, dans ce cas encore, l'accumulation de l'eau derrière le mur peut devenir la cause d'une catastrophe. Le travail continuel de la marée modifie sans cesse les pressions qui agissent sur le mur, et si l'argile n'est pas absolument imperméable à l'eau, étant donnée la faible profondeur à laquelle le mur y serait fixé en cet endroit, la moindre crevasse peut donner passage à l'eau qui, dès lors, continue à creuser, et bientôt la stabilité des maçonneries se trouvera compromise.

C'est pour appeler l'attention de la Société sur l'importance du rôle que les eaux d'infiltration du sol peuvent jouer dans la destruction des maçonneries souterraines que nous nous sommes permis d'exposer les considérations qui précèdent. Il nous semble de la plus haute importance de veiller au drainage du sol derrière les constructions. Dans le cas qui nous occupe, le drainage, mieux que toute autre mesure, pourra prévenir une catastrophe, et surtout mieux que des mesures dirigées contre la poussée du sol derrière le mur, ou la fixation de celui-ci par des pilots enfoncés en avant. Enfin, en présence de la probabilité de l'extension du port d'Anvers en aval du fleuve, où l'argile de Boom disparaît en profondeur et où l'on aura affaire à des terrains plus récents et plus meubles, la question du drainage et de l'étude du rôle des eaux d'infiltration présente une importance encore beaucoup plus considérable.

La discussion est ouverte.

M. *Putzeys* trouve l'idée de drainage parfaite; mais sera-t-elle réalisable pratiquement. La question de premier intérêt qui doit être soulevée, est celle de savoir si l'on a relevé des coupes géologiques.

M. *Kemna.* — Il y a une quarantaine d'années, à peu près à la hauteur du lieu de l'accident, on a eu de très sérieuses difficultés pour établir une cale sèche (cale de Schultz), et un ingénieur constructeur de navires, qui connaissait bien l'Escaut (Louis Marguerie), pronostiquait que rien ne tiendrait jamais en cet endroit. Toutefois, la coïncidence des lieux n'est pas parfaite, le quai avançant d'une cinquantaine de mètres dans l'ancien lit du fleuve.

La partie du quai qui a glissé constituait l'extrémité amont de la section construite il y a une vingtaine d'années; la profondeur sous marée basse n'étant que de 5 mètres, il y avait extérieurement contre le pied du mur un talus également de 5 mètres; un double changement a été apporté à cette situation : le mur de quai a été prolongé de

2 kilomètres et, pour obtenir tout du long la profondeur uniforme de 8 mètres sous marée basse, on a enlevé par dragage 3 mètres du talus. Il y a coïncidence entre ce travail de dragage et le glissement du quai.

Les premières manifestations consistent en la formation de deux fissures dans le pavage du terre-plein, parallèles au quai, l'une à peu près au-dessus de la paroi postérieure du mur, l'autre à plusieurs mètres plus à l'intérieur. La première résulte de ce que les terres reposant sur des gradins en retrait de la maçonnerie sont solidaires du mur et suivent son déplacement; la fissure la plus éloignée du mur délimite les terres non soutenues, parce qu'elles sont extérieures au talus que prendrait naturellement le remblai abandonné à lui-même. Cette portion constitue le prisme de poussée; c'est elle qui s'abaisse et produit l'effondrement.

Voilà les faits et seulement juste autant d'explication que ces faits suggèrent immédiatement et sans contestation possible. Quant à la cause générale, les opinions sont loin d'être faites, et le peu qu'on en dit montre beaucoup de discordance dans les opinions.

Il est indubitable que la cause a été la poussée des terres; mais cette action, trop connue, n'a certes pas été perdue de vue dans l'élaboration des plans et le mur a été calculé pour y résister. Cette poussée existe toujours et si elle a pu se manifester, produire ce qu'on nomme en mécanique un effet utile, et seulement après vingt ans, c'est qu'il doit y avoir eu modification dans certaines conditions accessoires. Alors immédiatement se présentent à l'esprit les modifications résultant du prolongement du mur et du dragage, et, malgré l'avis de beaucoup d'ingénieurs qui ne veulent voir là qu'une simple coïncidence, on peut se demander s'il n'y a pas une relation de cause à effet.

Le prolongement du mur semble devoir donner plus de solidité à l'ancienne portion extrême. Mais ce prolongement exerce aussi une action sur le drainage du terre-plein. Les eaux du sous-sol pouvaient s'échapper en contournant cette extrémité et le prolongement du mur ferme cet exutoire. De plus, tout le terre-plein du nouveau quai entre l'ancienne digue et le nouveau mur, constitué par les matériaux de dragage, est absolument gorgé d'eau, au point de rendre extrêmement difficile le placement d'une canalisation à 1 mètre sous le pavé. Il en résulte que l'eau du sous-sol doit chercher maintenant un exutoire, non plus à côté, mais en dessous du mur de quai.

Le mouvement de cette eau se trouvait naturellement fort entravé par une couche de 5 mètres de sédiments, agissant comme un placage

protecteur pour assurer une certaine étanchéité. L'enlèvement de ce crépissage protecteur a facilité les courants sous le mur. Or à cet endroit, entre la surface en pente de l'argile de Boom et la base du mur, il n'y a qu'une dizaine de centimètres de sable vert très fin. Ce sable aura été enlevé par l'eau du sous-sol, s'échappant à chaque marée basse, et par suite du vide, le mur a quelque peu basculé. Si à ce même endroit il y a une tendance plus marquée des eaux à former courant, comme on pourrait interpréter les accidents sur l'ancienne rive de 1865 (ancien lit d'affluent ou autre cause quelconque), on a des éléments malheureusement plus que suffisants pour expliquer le mécompte.

Les ingénieurs n'ayant pas encore leur opinion faite sur la cause réelle n'ont pas encore déterminé définitivement le remède à y apporter. Si la cause principale est la poussée, naturellement les travaux de réfection seront orientés dans ce sens. On a parlé de fascinage derrière le mur, de voûtes ou arcades perpendiculaires au fleuve, toutes mesures destinées à substituer une poussée verticale à la composante horizontale. Mais l'hypothèse d'une influence importante de l'eau accumulée derrière le mur et agissant par la base mérite aussi d'être prise en sérieuse considération; elle se traduirait pratiquement par le drainage.

M. *E. Van den Broeck*, en réponse à la demande formulée tantôt si des observations géologiques ont été faites à l'emplacement des anciens murs de quai, donne lecture d'un passage extrait du « Compte rendu de l'excursion faite à Anvers les 27 et 28 juillet 1879 par la Société malacologique de Belgique » qu'il a publié dans le tome XIV (1879) [Procès-Verbal des séances, pp. 58-76] des *Annales* de ladite Société.

Il s'agissait, à cette époque, « d'édifier, en pleine eau, soit à 80 mètres de la rive préexistante, un épais et immense mur fondé, à 8 mètres sous marée basse, sur des masses de béton, épaisses de 3 à 5 mètres et reposant en contre-bas du lit même du fleuve. Le travail se faisait entièrement à sec : pour le mur à l'air libre, grâce à l'emploi de batardeaux mobiles en fer; pour la fondation, dans l'air comprimé, dans des caissons de 225 mètres carrés, que l'on enfonçait jusque sous le lit de l'Escaut, à l'aide de dispositions et d'appareils des plus ingénieux. »

M. Van den Broeck, poursuivant la lecture de sa narration, rappelle que, seul de ses collègues, il a pu supporter les inconvénients de la mise sous pression, qui lui a permis de pénétrer ensuite dans l'étroite cheminée conduisant au fond du caisson et de descendre l'échelle de

fer qui l'a amené dans une prison métallique, longue de 25 mètres, large de 9 mètres et haute d'un peu plus de 2 mètres. Le compte rendu de l'exploration se continue comme suit :

« Au milieu d'un épais brouillard bleuâtre, qu'estompe çà et là de rouge la lueur indécise des bougies, je distingue quelques terrassiers à l'ouvrage, fouillant le sol qui, malgré l'énorme pression des eaux du fleuve, est parfaitement à sec, grâce à l'air comprimé qui remplit tout le caisson.

» J'explore ce domaine souterrain, où je me trouve parfaitement à l'aise, malgré la pression, malgré l'étrangeté des lieux, et malgré le poids moral des 4,000,000 de kilogrammes de briques reposant au-dessus de ma tête sur le caisson, foncé à 4 mètres en contre-bas du lit de l'Escaut et à plus de 16 mètres sous sa surface.

» N'oubliant pas toutefois que je suis descendu comme naturaliste et non comme simple curieux, je m'empresse d'examiner le sol dans lequel s'enfonce le caisson.

» C'est du Miocène; j'en recueille divers échantillons, ainsi qu'une belle série de fossiles de grande taille et d'une admirable fraîcheur.

» L'examen ultérieur de ces précieux matériaux a fourni des résultats fort intéressants. Dans des déblais rejetés dans un coin du caisson et provenant de fouilles exécutées lorsque l'appareil se trouvait moins enfoncé dans le lit du fleuve, j'ai noté la présence du sable à *Pectunculus pilosus*, représenté d'ailleurs également par ce fossile caractéristique.

» En enfonçant davantage, le caisson a rencontré un dépôt différent. Au moment de ma visite, il était arrivé à la cote — 13 (du zéro d'Ostende) et se trouvait en plein dans les sables à *Panopaea Menardi*.

(*Suit une énumération de fossiles caractéristiques de l'horizon miocène des sables à Panopées.*)

» On comprendra de suite l'importance de cette observation quand j'aurai ajouté que c'est là le premier contact positivement observé, dans tout le bassin d'Anvers, entre les sables à Panopées et les sables à Pétoncles. Jamais la superposition des deux couches, quoique admise en principe par plusieurs géologues, n'avait été constatée de visu. »

Arrêtant ici cette citation, pour n'en faire ressortir actuellement que les données de composition et de superposition géologique, ainsi que de profondeur atteinte, M. Van den Broeck constate donc que le caisson, arrivé à la cote — 13, n'avait pas encore atteint l'argile de Boom.

Y est-il descendu ultérieurement; c'est ce que la cote *actuelle* de base du caisson de cette région des premiers grands murs de quai pourrait

aider à savoir. Mais ce ne serait probable que si cette base de caisson avait été enfoncée de plusieurs mètres encore, ce qui est douteux! Tout en n'étant donc pas absolument précis par lui-même, le renseignement, combiné avec d'autres, pourrait être utile et c'est à ce titre que M. Van den Broeck a rappelé ce lointain souvenir d'une observation précise faite par lui, dans les parages de l'un des accidents survenus aux murs de quai d'Anvers.

M. *Simoens* voudrait ajouter un mot pour signaler l'analogie entre ce phénomène et celui qui s'est produit naturellement dans la vallée de la Senne; celle-ci a creusé son lit à travers le sable grossier bruxellien, sous lequel elle a percé la couche de sable fin ypresien, et elle s'est arrêtée dans l'argile ypresienne. Les eaux d'infiltration du plateau venaient donc sourdre sur les versants, à la base de la couche de sable fin, et en amenaient le foirage, d'où résultent les nombreuses failles dans le Bruxellien sus-jacent. Ce phénomène n'a cessé que lorsqu'une couche d'alluvions protectrices est venue masquer l'affleurement du sable fin ypresien. A Anvers, on a enlevé le dépôt protecteur par le dragage, et la couche de sable fin a foiré.

E. MATHIEU. — **Les tufs kératophyriques de Grand-Manil.**

Les conclusions de cette importante communication, qui paraîtra aux *Mémoires,* sont les suivantes :

1° Des arguments lithologiques et paléontologiques conduisent à distinguer, dans le gisement de Grand-Manil, trois zones superposées; chaque zone comprend à la base une roche porphyroïde passant à un schiste fossilifère, qui contient les éléments remaniés de la couche sous-jacente;

2° Ce gisement est contemporain des schistes ou quartzophyllades sous-jacents (assise de Gembloux) et est interstratifié entre ceux-ci et les schistes de Grand-Manil;

3° Les roches porphyroïdes de Grand-Manil ne sont pas dues à des épanchements de lave sous-marine; il est plus vraisemblable de les attribuer à des amas de matériaux arrachés par érosion à des masses kératophyriques existant sur le littoral;

4° Ce phénomène érosif et sédimentaire s'est répété trois fois consécutives; pendant les intervalles, la mer silurienne a remanié la couche sous-jacente et une faune s'y est établie; après la troisième formation, la sédimentation normale a repris;

5° Je propose, pour désigner le gisement de Grand-Manil, le terme

de *tuffoïde kératophyrique*, la tuffoïde étant, par extension, un ensemble qui comprenait, à l'origine, un complexe de sédiments normaux et de tufs clastiques (provenant par érosion de masses volcaniques voisines) et qui a été métamorphosé dans la suite par redressement des couches encaissantes.

A. Rutot. — **La géologie de la vallée du Nil et les nouvelles découvertes éolithiques et paléolithiques qui y ont été faites.**

M. *A. Rutot* expose les résultats des études qui ont été faites récemment en Égypte par M. le Dr Blanckenhorn et les découvertes de silex éolithiques et paléolithiques effectuées par le savant voyageur et égyptologue M. le Dr G. Schweinfurth.

M. le Dr Blanckenhorn a principalement porté ses recherches sur les terrains tertiaires et quaternaires de l'Égypte.

Pour ce qui concerne le Tertiaire, ce géologue a reconnu l'existence de l'Éocène inférieur, de l'Oligocène, du Miocène et du Pliocène inférieur et moyen, le supérieur paraissant faire défaut.

Le Pliocène moyen débute notamment par des mouvements orogéniques importants : dislocations, éruptions volcaniques, sources thermales, pendant lesquels se forment des brèches (Brocatelle); puis viennent des dépôts marins.

Les temps quaternaires se laissent subdiviser en deux périodes, dont la plus ancienne a reçu de M. le Dr Blanckenhorn le nom d'*Époque pluviale* ou *lacustre*, l'autre étant dénommée *Époque diluviale* ou *fluviale*.

Les couches correspondantes forment deux terrasses, l'une élevée d'environ 65 mètres au-dessus du niveau actuel des eaux du fleuve, l'autre ne dépassant guère 10 mètres au-dessus du même niveau.

M. le Dr Schweinfurth a fait connaître la coupe des terrains à la hauteur de Thèbes.

Sur un soubassement de marne crétacée se développent, sur près de 400 mètres d'épaisseur, les marnes marines à silex de l'Éocène inférieur.

Au bas du massif éocène s'adossent les dépôts de la période pluviale ou lacustre, servant à leur tour de support aux dépôts de la période diluviale.

Au niveau de l'eau s'étend la grande plaine d'alluvions modernes du fleuve.

En de nombreux points des environs de Thèbes, M. le Dr Schweinfurth a recueilli des silex soit utilisés, soit taillés.

La position stratigraphique de ces instruments est la suivante :

1° *Dépôts de la période pluviale ou lacustre.*

Dans une superbe coupe de la haute terrasse, montrant plus de 60 mètres d'épaisseur de dépôts de cette terrasse correspondant à la période pluviale, M. le Dr Schweinfurth a rencontré deux lits à éolithes, dont l'un, inférieur, est situé à 50 mètres sous la surface, le supérieur étant à 13 mètres de profondeur. Le lit inférieur, à éolithes, est le plus riche et il a fourni beaucoup de matériaux intéressants.

2° *Dépôts de la période diluviale ou fluviale.*

C'est surtout la localité de Qurna, où les dépôts diluviaux sont traversés de coupes profondes, qui a donné à l'exploration les meilleurs résultats.

L'ensemble des trouvailles montre que les matériaux recueillis indiquent nettement un mélange de deux industries bien connues dans nos régions de l'Europe centrale et tout particulièrement en Belgique.

Ce mélange comprend, d'une part, des éolithes rapportables à notre industrie mesvinienne et, d'autre part, des paléolithes à aspect primitif, s'identifiant complètement avec notre industrie strépyienne.

On sait qu'en Europe ces deux industries se succèdent immédiatement dans la chronologie, comme le démontre l'exploitation Helin, et il en est de même en Égypte.

Les dépôts diluviaux de Qurna sont du type ballastière, qui est l'indice caractéristique des brassages successifs pendant les crues et, par conséquent, du mélange des niveaux primitivement distincts et superposés.

3° *Surface du sol supérieure à la haute terrasse* (65 mètres au-dessus du niveau actuel du Nil).

Les pentes ainsi que le haut plateau, constitués par l'Éocène inférieur, présentent à leur surface un véritable tapis de silex provenant du délavage des marnes à silex.

On y rencontre des rognons soit entiers, soit éclatés par les actions naturelles.

Comme la partie élevée des pentes et le haut plateau n'ont jamais été recouverts par les plus fortes crues de l'époque pluviale et, à plus forte raison, de celles de l'époque diluviale, ces surfaces ont pu être habitées de tout temps; aussi est-ce là que l'on rencontre la plus grande variété de silex.

La série des instruments recueillis montre clairement que non seule-

ment il y a mélange d'éolithes et de paléolithes, mais qu'il est aisé de distinguer, parmi les derniers, des représentants des industries strépyienne, chelléenne et acheuléenne, le nombre d'instruments de chaque catégorie allant en progression rapidement décroissante.

Il est étrange que, malgré des conditions vitales sans doute fort dissemblables, les choses se soient passées exactement en Égypte comme dans nos régions.

On se rappellera, en effet, que l'un des résultats les plus nets de nos recherches est que l'étendue occupée par les populations du Paléolithique inférieur et le nombre d'instruments vont toujours en diminuant du Strépyien à l'Acheuléen.

Chose singulière, les trouvailles paléolithiques, en Égypte, cessent avec l'Acheuléen, et jusqu'à présent, on n'y a pas rencontré de traces de populations moustériennes, éburnéennes et tarandiennes.

De l'Acheuléen, on passe donc directement au Néolithique, paraissant commencer avec le Tardenoisien et continuant alors par le développement de l'industrie néolithique spéciale bien connue et si riche, qui semble concorder chronologiquement avec le Robenhausien de nos régions.

M. I. Bertrand prononce l'éloge du baron von Richtofen, professeur à l'Université de Berlin, membre honoraire de notre Société.

Dans ce travail, qui paraîtra aux *Mémoires*, l'auteur, à propos de l'illustre défunt, fait un historique de l'évolution de la géographie, qui s'est rapprochée de la géologie, en grande partie par suite de l'impulsion de ce grand maître.

L'ordre du jour de la séance comportait la présentation et la discussion d'un intéressant travail de M. le professeur *Eug. Dubois*, conservateur du Musée Teyler, à Harlem. Ce travail, consacré à l'étude stratigraphique et paléontologique du Cromerien et spécialement du célèbre soi-disant « Forest-Bed » qui le caractérise, a été expédié avant la séance (vers le 10 octobre), sous forme d' « épreuves de distribution préalable pour favoriser la discussion en séance », à une cinquantaine de nos collègues.

Vu l'heure avancée qui a marqué la fin de la lecture de M. Bertrand, il n'a pas été possible, matériellement, d'aborder l'exposé du travail de M. Dubois.

Postérieurement à la séance, l'auteur, ayant exprimé le désir de voir la discussion de son travail reportée à une autre séance que celle de la

présentation de son travail, il a pu être déféré à ce désir, grâce à la distribution de l'épreuve préalable à nos collègues s'intéressant le plus spécialement à la question, distribution qui revient à une *présentation* du travail. Le mémoire du professeur Dubois figure donc ci-dessous dans le procès-verbal de la séance du 17 octobre, et avec l'autorisation de M. le Président, il est considéré comme ayant été présenté par son auteur à ladite séance. Conformément au désir de M. Eug. Dubois, la discussion de cette étude aura lieu ultérieurement.

Eug. Dubois. — L'âge des différentes assises englobées dans la série du « Forest-Bed » ou Cromerien (1).

Quoique le « Forest-Bed », sur les côtes de Norfolk et de Suffolk, soit connu depuis un siècle et demi et soit, depuis longtemps, célèbre pour sa faune de mammifères et à cause de la position qu'il occupe à la limite des formations pliocène et pléistocène, les nombreuses recherches qu'il a provoquées n'ont pas encore établi l'accord sur son classement précis dans l'échelle stratigraphique.

Depuis l'excellente description de ces dépôts donnée par M. Clement

(1) A la demande ultérieure de l'auteur, acceptée par M. le Président, le présent travail, qui avait été distribué, en « épreuves préalables », avant la séance du 17 octobre, mais qui, faute de temps, n'a pu être résumé en séance, a été considéré comme *présenté* à ladite séance. Il a la *priorité réelle* de présentation sur la version, légèrement modifiée, que l'auteur a fait paraître comme première partie du tome X de la série II des *Archives du Musée Teyler*. En effet, M. le Secrétaire général de la Société belge de Géologie, à la prière de l'auteur, avait bien voulu se charger de reviser, au point de vue de la forme, le manuscrit qui lui avait été envoyé, « plus ou moins sous forme de brouillon », le 17 septembre 1905, avec demande de le corriger.

Or, dans la rédaction, avec *certains passages supprimés*, du travail inséré dans les *Archives du Musée Teyler*, M. le Secrétaire général a retrouvé, à part quelques menus changements de mots, sans importance, la phraséologie qu'il avait suggérée à l'auteur pour l'amélioration du texte, encore non achevé dans sa forme littéraire, que lui avait adressé M. Dubois à la *mi-septembre*. C'est donc A TORT que l'auteur de l'article inséré aux *Archives* laisse croire à ses lecteurs, par la rédaction de la Note initiale suivante, que la version publiée dans notre *Bulletin* n'a pas la priorité réelle scientifique : *La substance de cet article*, dit-il, *est à peu près la même que celle d'une communication* QUI SERA *présentée sous le même titre à la séance du 17 octobre 1905 de la Société belge de Géologie.* — Qui A ÉTÉ PRÉSENTÉE eût été plus conforme à la réalité des faits! Ceci a pour but, non d'incriminer personne, mais d'expliquer tant une ajoute qu'une importante suppression constituant la principale différence entre les deux versions et de spécifier correctement, d'après les faits réels, l'antériorité de présentation du texte ici publié. (*Note du Secrétaire général.*)

Reid (1), on est généralement incliné à le rapporter au Pliocène. Cependant, plusieurs géologues insistent pour ranger l'ensemble de la Série du « Forest-Bed » dans le Pléistocène. En effet, le consciencieux travail de M. Reid sur ces dépôts n'a pu faire disparaître l'équivoque de leur faune et de leur flore, équivoque qui faisait déjà supposer à Lyell, il y a plus de quarante ans, que peut-être on aurait pu englober ici des dépôts appartenant à des âges différents. Quel contraste, en effet, entre une flore ne différant presque en rien de celle qui se trouve encore aujourd'hui dans le Norfolk et des types de mammifères tels qu'ils sont propres aux pays chauds, types caractérisant le Pliocène et ayant vécu ailleurs au milieu d'une flore de caractère subtropical!

Le contraste n'est pas moins grand dans la faune des mammifères elle-même. A côté des *Elephas meridionalis*, *Rhinoceros etruscus*, *Equus Stenonis, Cervus verticornis* et plusieurs autres types de cerfs pliocènes, *Ovis Savinii* et *Arvicola intermedius*, on se trouve en présence d'espèces modernes et pléistocènes, telles que *Equus caballus*, *Sus scrofa*, *Cervus elaphus*, *Bison bonasus*, *Lutra vulgaris*, *Mustela martes*, *Ursus spelaeus*, *Hyaena spelaea*, *Canis lupus*, *Canis vulpes*, *Arvicola arvalis*, *Talpa europaea*, *Sorex vulgaris*, et même *Ovibos moschatus* et *Gulo luscus*, qui, bien qu'habitant, en Europe, la zone de Norfolk durant les périodes glaciaires, se sont aujourd'hui retirées dans la zone glaciale arctique.

M. Reid lui-même ajoute un élément nouveau à ces équivoques et contrastes, accentués déjà par son « Lower Freshwater-Bed », qui aurait la même flore que l' « Upper Freshwater-Bed », en admettant que la faune marine du Forest-Bed aurait le même facies franchement arctique que celle du Crag de Weybourne. « Thus it is that in the Forest-Bed we find a distinctly southern land fauna contemporaneous with an equally marked artic marine fauna; the plants at the same time showing that the climate was much the same as that of Norfolk at the present day (2). »

A bon droit, M. J. Geikie démontre que ces contrastes ne peuvent trouver leur interprétation, comme le voudrait M. Reid, dans des conditions géographiques différentes de celles d'aujourd'hui (3).

---

(1) C. Reid, *The Geology of the country around Cromer.* (Memoirs of the Geological Survey of the United Kingdom. London, 1882.) — *The Pliocene Deposits of Britain.* (Ibid., 1890.)

(2) C. Reid, *The Geology of the country around Cromer.* (Memoirs of the Geological Survey of the United Kingdom. London, 1882, p. 59.)

(3) J. Geikie, *The great Ice Age.* Third Edition. London, 1894, pp. 332, etc.

M. F.-W. Harmer, le géologue qui a tant de mérite par ses études sur les dépôts pliocènes et pléistocènes du très intéressant bassin anglo-belge, qu'il a si bien défini, s'est efforcé de chercher une autre solution de l'énigme. Il admet que le fleuve, l'ancien Rhin, qui a déposé dans le Norfolk et le Suffolk les ossements des mammifères caractéristiques d'un climat plus chaud que celui de ces contrées d'aujourd'hui, les y a apportés, soit sous forme de portions roulées et fragmentaires de squelettes, soit sous forme de cadavres, venant d'assez loin du Sud pour expliquer la différence avec la faune et la flore indigènes (1).

Je crois cependant que, même à l'origine de l'ancien Rhin, le climat ne pouvait être assez différent de celui de son embouchure, surtout au temps où existaient ces animaux caractéristiques du Tertiaire, alors que les climats étaient certainement encore moins différenciés qu'ils le sont aujourd'hui. Ainsi, je ne puis voir dans cette hypothèse de M. Harmer qu'une tentative désespérée, quoique louable, de nous mener hors de l'impasse où nous a surtout conduits, avec les meilleures intentions, le travail de M. Reid.

Depuis que, il y a huit ans, l'existence de la faune et de la flore de l'argile de Tégelen est venue à ma connaissance, j'ai été frappé du fait que dans ce dépôt, qui paraît être le plus proche équivalent du Cromerien que l'on eût rencontré jusqu'ici, il ne s'est rien présenté d'analogue aux contrastes paléontologiques de ce dernier. Les plantes, aussi bien que les mammifères, appartenant certainement à une même assise bien délimitée, font partie d'une faune et d'une flore dont les rapports avec le Pliocène supérieur sont évidents. Jusqu'à présent, sept espèces de mammifères ont été déterminées; cinq d'entre elles ont aussi été trouvées dans le « Forest-Bed » et y sont des plus communes. Le fait que l'on n'a pas encore rencontré à Tégelen des restes de l'*Elephas meridionalis*, espèce très répandue dans le « Forest-Bed », ni d'aucun autre Éléphant, est probablement dû à quelque circonstance locale, le gisement de Tégelen, où l'on a trouvé presque tous les ossements, n'étant qu'*une seule et même argilière*. C'est cette dernière circonstance aussi qui explique le nombre restreint des espèces de mammifères (2). Il ne faut pas en déduire que l'on ait affaire à une faune pauvre. Au contraire, tout porte à croire qu'elle était d'une remarquable richesse.

---

(1) *Bull. de la Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol.*, t. X (1896); Mém., p. 341. — *Proceedings of the Geologists' Association*, vol. XVII (1902), p. 449.

(2) Il y en a d'ailleurs encore quelques-unes qui ne sont pas déterminées.

J'indiquerai seulement les trois espèces de Cerfs, appartenant à trois types largement différents entre eux. Évidemment, il n'y a pas lieu non plus de considérer celles-ci, avec *Rhinoceros etruscus* et *Equus Stenonis*, comme de simples survivants du Pliocène. Dans les dépôts pliocènes de la France centrale, ce sont surtout des anciens types de Cerfs analogues qui caractérisent la faune, et, de même, dans le Forest-Bed, en faisant abstraction des Cerfs, représentés par plusieurs de ces types anciens, il ne reste, en fait de mammifères terrestres, comme vraies espèces pliocènes (espèces non encore rencontrées dans le Pléistocène), que *Elephas meridionalis*, *Rhinoceros etruscus*, *Equus Stenonis*, *Ovis Savinii* et *Arvicola intermedius;* encore faut-il probablement en exempter la dernière espèce, comme se continuant dans le Pléistocène (1).

Les mammifères déterminés de Tégelen sont :

Trogontherium Cuvieri Owen
Cervus dicranius (Nesti) Rütimeyer
Cervus teguliensis E. Dubois
Cervus rhenanus E. Dubois
Hippopotamus amphibius L. *var. major*
Equus Stenonis Cocchi
Rhinoceros etruscus Falc.

Les plantes :

Prunus sp. à gros noyaux
Trapa (*natans* L. ?)
Cornus mas L.
Vitis (*vinifera* L.)
Staphylea pinnata L.
Juglans tephrodes Ung.
Pterocarya fraxinifolia Spach
Magnolia (cf. *Kobus* DC.)
Nuphar luteum L.
Stratiotes Websteri Pot.
Abies pectinata DC.
Glyptostrobus (cf. *heterophyllus* Endl. ?)
Pinus
Picea ou *Larix*
Tilia

(1) Dans la version publiée par l'auteur, entre l'époque de l'envoi de son travail à la Société belge de Géologie (17 septembre) et celle de la publication du présent fascicule du *Bulletin*, version ultérieure, parue dans les *Archives du Musée Teyler*, les vingt-quatre lignes suivantes de son exposé, y compris la liste des animaux et des plantes de Tégelen, ont été SUPPRIMÉES (jusqu'aux mots : Telle est la base, etc.) et remplacées par l'adjonction suivante : « Les mammifères et les plantes déterminés de Tégelen ont déjà été énumérés dans mon article sur l'argile de Tégelen. Le caractère de cette faune et de cette flore nous oblige à rapporter l'argile de Tégelen au Pliocène supérieur. »

Ce changement constitue la principale différence entre la version primitive, distribuée en épreuves préalables au début d'octobre, par les soins du Secrétaire général de la Société belge de Géologie, et la version *ultérieure,* imprimée par l'auteur dans son recueil des *Archives du Musée Teyler*. (*Note du Secrétaire général.*)

La plupart des plantes sont déterminées d'après des graines, presque toutes de dimensions assez considérables, l'*Abies* par un cône.

Les graines très petites n'ont pas encore été déterminées. Mais elles ne sauraient influencer les conclusions tirées de tant d'espèces à grandes graines; de plus, leur diagnose semble être bien moins sûre que celle des graines d'une certaine grandeur.

Les cinq dernières plantes sont déterminées, d'après l'examen du bois, par M. W. Gothan, de Berlin (1).

Voilà donc réellement une faune et une flore qui ne peuvent être rapportées qu'au Pliocène supérieur (2).

Telle est la base qui m'a convié à rechercher l'interprétation des faits énigmatiques de la paléontologie des assises réunies dans le Cromerien ou la Série du « Forest-Bed ».

Après avoir étudié avec soin les descriptions des dépôts en question, j'ai eu l'avantage de les visiter, sur les côtes de Norfolk et de Suffolk, sous la compétente direction de M. Clement Reid, puis j'ai relu les descriptions et je suis arrivé à la conclusion que les constrastes indiqués ne sont qu'apparents et non pas dans la nature des choses. Suivant ma manière de voir, on a, en effet, ainsi que le pressentit Lyell, réuni erronément des faunes et des flores de dépôts d'âges différents.

D'après la description, généralement acceptée, de M. Reid, la série du Forest-Bed ou le « Cromerien », comme elle a, depuis, été nommée, consiste en trois divisions : un dépôt supérieur et un dépôt inférieur, tous deux d'eau douce, et un dépôt intermédiaire d'estuaire. C'est le dépôt moyen qui, particulièrement, a été nommé le « Forest-Bed ». Et c'est à tort, car il est prouvé que le bois, les souches et les racines d'arbres dont, en maints endroits, on y rencontre des accumulations, ont tous été flottés, n'indiquant nullement l'ancien sol d'une forêt.

C'est à cette assise qu'il faut attribuer la plupart des ossements de mammifères d'espèces éteintes. Autrefois, on la nommait « Elephant-Bed », à cause de l'abondance de molaires d'*Elephas meridionalis* qu'on y trouve, surtout à sa base.

Un bon nombre de ces ossements ont été trouvés hors du dépôt, sur

(1) Les mollusques de l'argile de Tégelen appartiennent tous à des formes lacustres et terrestres, mais on leur a encore donné peu d'attention et l'on ne sait rien de précis sur le caractère de cette faune malacologique.

(2) Voir : EUG. DUBOIS, *L'âge de l'argile de Tégelen et les espèces de Cervidés qu'elle contient*. (ARCH. DU MUSÉE TEYLER, sér. 2, vol. IX, pp. 605-615. Haarlem, 1905.)

la plage; mais souvent il était clair qu'ils devaient réellement provenir du dépôt duquel ils furent lavés par les tempêtes. Cependant, quelquefois, comme nous le verrons dans la suite, le doute quant à cette provenance est tout indiqué. C'est le cas surtout pour ceux qui ont été obtenus par dragage.

Le dépôt contient aussi quelques coquilles marines, appartenant toutes à des espèces également connues du Crag de Weybourne, l'assise sous-jacente, et, rarement, des coquilles de mollusques d'eau douce et terrestres.

Des espèces marines, *Mya truncata* et *Tellina baltica*, y ont quelquefois été trouvées avec les deux valves dans la position de vie.

Parmi les mammifères, plusieurs espèces habitaient la mer, et des poissons marins y sont communs.

C'est pour ces raisons que l'on considère cette division du Cromerien comme un dépôt d'estuaire.

Quant à sa constitution lithologique, cette division, dont l'épaisseur excède rarement 2 mètres, mais quelquefois atteint 6 mètres, se compose de gravier, souvent cimenté en un conglomérat ferrugineux, nommé « pan » dans la contrée, puis de sables et d'argiles laminées. Très fréquemment, il s'y trouve, à la base de cette division, une couche composée en grande partie de morceaux d'argile arrondis (clay-pebbles), avec des gâteaux de tourbe et du lignite.

Il est important de remarquer que c'est au milieu de cette couche, reconstruite sans doute à l'aide de débris de destruction d'un *dépôt d'eau douce plus ancien*, que l'on trouve la plupart des ossements de mammifères de cette division. Rarement, on y a recueilli des ossements de petites espèces; la plupart proviennent d'espèces de grande taille ou de taille moyenne tout au moins. Je ne pense pas qu'il faille en chercher la cause uniquement dans ce que l'on aurait négligé les ossements petits, comme le croit M. Reid. Le caractère du dépôt et son mode de formation me paraissent déjà impliquer la rareté des petits ossements.

En effet, on ne peut s'attendre à trouver beaucoup de petits et par conséquent fragiles ossements au milieu d'un gravier comme celui qui renferme les ossements de l'Estuarine-Bed, surtout si ceux-ci n'y ont été déposés qu'à l'état, plus fragile encore, de fossiles et non à l'état frais. C'est à cette dernière circonstance aussi que je crois devoir attribuer le fait que les ossements de cette division du Cromerien se trouvent généralement brisés. Je suis d'accord avec M. Reid qu'ils n'ont pas l'air d'avoir été roulés et ne puis me ranger à l'opinion anté-

rieure de M. Harmer, d'après laquelle le fleuve qui se jetait dans l'estuaire, venant du Sud, y apportait des portions roulées et fragmentaires de squelettes et de dents de mammifères caractéristiques d'un climat plus chaud que celui qui régnait alors en Angleterre (1). A présent, M. Harmer pense que le transport du Sud, des dépouilles de vertébrés, a eu lieu sous forme de cadavres (2).

Il me paraît cependant qu'il serait difficile de se figurer ce transport assez lointain pour justifier, à lui seul, l'aspect méridional de la faune, et l'origine la plus lointaine aurait été de l'amont de l'ancien Rhin.

Cependant les ossements n'ont pas non plus l'aspect tout à fait intact, comme par exemple ceux de Tégelen, qui, presque toujours, ont conservé la plus fine sculpture superficielle, ce qui est très rare chez ceux de l'Estuarine-Bed. Cette sculpture superficielle, chez ces derniers, s'est ordinairement plus ou moins usée et, dans beaucoup de cas, ils se présentent fendillés.

L'état fragmentaire des ossements et l'aspect de leur surface sont tels qu'ils devraient être si les ossements provenaient de quelque dépôt d'argile préexistant et non lointain, duquel ils auraient été lavés sans trop de violence. Une fois, il est vrai, on a trouvé en connexion les os d'un pied d'éléphant, mais on peut se figurer que ces os, en contact, primitivement renfermés dans une couche d'argile, furent lavés, enveloppés dans un lambeau d'argile, comme on les observe généralement à la base de l'Estuarine-Bed.

On ignore la provenance précise de beaucoup des ossements de mammifères du Cromerien, surtout de ceux des grandes espèces; ils ont été trouvés par de simples pêcheurs, ou autres gens manquant d'expérience scientifique; maintes fois, ils furent ramassés sur la plage. Cependant, il a été souvent possible, dans ces cas, de vérifier, avec une probabilité plus ou moins grande, le rapport avec l'horizon auquel il fallait les attribuer.

Quelquefois, les doutes que l'on peut soulever sur le rapport au Cromerien de certains vestiges signalés se changent presque en certitude d'ordre négatif.

De l'*Ovibos moschatus*, par exemple, cette espèce si imprévue au milieu des types pliocènes de la division moyenne du Cromerien, une

---

(1) *Bull. de la Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol.*, t. X (1896); MÉM., p. 341.

(2) F. W. HARMER, *A sketch of the later Tertiary History of East Anglia*, p. 449. (PROCEEDINGS OF THE GEOLOGISTS' ASSOCIATION, vol. XVII [1902].) — PROCEEDINGS OF THE YORKSHIRE GEOLOGICAL AND POLYTECHNICAL SOCIETY, vol. XV [1904], p. 308.

portion de crâne a été trouvée par un pêcheur et on l'a attribuée *avec probabilité* au Forest-Bed. Un autre spécimen est rapporté à la même origine, bien qu'il ait été dragué dans la mer du Nord (1). Dans ces circonstances, il me paraît prudent de n'attacher aucun poids à la prétendue présence de cette espèce arctique au milieu de la faune pliocène.

En ce qui concerne *Hyaena spelaea*, est-il bien sûr que les dents, par lesquelles on a cru reconnaître cette espèce (2), justifient la diagnose et que l'on n'ait pas affaire à quelque autre forme ressemblant à *Hyaena crocuta* et appartenant au Pliocène, telle que *H. Perrieri* et plusieurs autres? Quelques-uns des spécimens d'*Ursus spelaeus* donnent lieu à des remarques du même genre; d'autre part, plusieurs proviennent de la division supérieure du Cromerien. Si la mâchoire de *Gulo luscus*, décrite par M. E.-T. Newton, vient réellement de la partie inférieure du Cromerien, ainsi qu'il semble être le cas d'après les informations obtenues par M. Reid de l'auteur de la trouvaille (3), cela ne nous oblige pas encore à admettre sa contemporanéité avec la faune pliocène dont on a trouvé tant de restes dans cette même partie du Cromerien. En effet, je tâcherai de prouver qu'il faut voir dans l'Estuarine-Bed un dépôt glacio-fluviatile.

Au-dessus de cet Estuarine-Bed, ou Forest-Bed propre, M. Reid a distingué, comme division supérieure, des dépôts d'eau douce et les a nommés « Upper Freshwater-Bed ». Ce sont des dépôts lacustres (et fluviatiles) remplissant des bassins qui, par endroits, se trouvent à la surface supérieure de l'Estuarine-Bed, surface se présentant souvent comme un ancien sol, pénétrée par des débris de petites racines (Rootlet-Bed) (4).

---

(1) E. T. Newton, *The Vertebrata of the Pliocene Deposits of Britain*, p. 22. (Memoirs of the Geological Survey of United Kingdom. London, 1891.) — Dès la première description par M. Boyd Dawkins, Prestwich a soutenu que l'horizon géologique du premier fossile n'est pas prouvé. Celui-ci a été trouvé dans une contrée de la côte où les vestiges de mammifères sont abondants dans des dépôts plus récents. (*Quarterly Journal Geological Society of London*, vol. XXXIX [1883], p. 581.)

(2) E. T. Newton, *On the Occurrence of the Cave Hyaena in the « Forest Bed » at Corton-cliff, Suffolk.* (Geological Magazine, 1883, pp. 433-435, pl. X.)

(3) E. T. Newton, *The Vertebrata of the Forest-Bed Series of Norfolk and Suffolk*, p. 18. (Memoirs of the Geological Survey of the United Kingdom, London, 1882.)

(4) Il semble qu'une couche à racines analogue se trouve sous l'argile de la Campine, que je viens de visiter dans la contrée à l'Ouest de Turnhout. Cette argile, épaisse de 3 à 5, ordinairement 4 mètres, repose sur un sable quartzeux fin. Dans l'argilière de MM. Van Staey et Van de Looverbosch, à Ryckevorsel, celui-ci est char-

L'Upper Freshwater-Bed se compose ordinairement d'une couche de sable mêlé avec de l'argile bleue et souvent charbonneuse, d'argile brune et grise laminée, hautement ferrugineuse et durcie par endroits, et de tourbe. Elle est épaisse de $0^{m}5$ à 2 mètres et renferme une abondance de coquilles d'eau douce et terrestres, des restes de poissons d'eau douce et des débris de plantes, surtout des graines et beaucoup d'ossements de mammifères, parmi lesquels les petites espèces sont les plus nombreuses (1).

Les plantes, aux seules exceptions de *Trapa natans*, de *Picea excelsa* et de *Najas minor*, appartiennent à des espèces aujourd'hui indigènes dans le Norfolk.

Elephas meridionalis n'a jamais été trouvé dans l'Upper Freshwater-Bed, mais, il faut le dire, non plus *Elephas antiquus*, ni aucune autre espèce d'éléphant. On croit que *Rhinoceros etruscus*, espèce assez commune dans le Forest-Bed propre, a été trouvée dans l'Upper Freshwater-Bed, à West-Runton, mais, dans ce cas, on a probablement eu affaire à *Rhinoceros Mercki*, souvent à peine distinguable de *Rhinoceros etruscus*. Il est très douteux aussi que le spécimen de *Cervus verticornis*, mentionné de l'Upper Freshwater-Bed de West-Runton, où M. Savin l'avait recueilli, soit réellement de cet horizon, vu qu'il n'y est pas toujours bien séparable de l'Estuarine-Bed et que, d'autre part, le Freshwater-Bed y renferme des coquilles marines et des ossements d'autres espèces de mammifères dont M. Reid admet qu'ils ont été lavés de l'Estuarine-Bed sous-jacent (2). *Arvicola intermedius*, que l'on y rencontre authentiquement, paraît être une espèce survivante des horizons inférieurs. A l'opposition de l'Estuarine-Bed, la grande majorité, tout au moins, des mammifères de l'Upper Freshwater-Bed sont des espèces modernes ou pleistocènes. Le contraste reste grand aussi, en faisant abstraction des petites espèces.

---

bonneux et de couleur de chicorée dans sa partie supérieure; des vestiges de petites racines verticales y pénètrent les 15 centimètres supérieurs. Celles du Forest-Bed, mesurant $0^{cm}5$ à 4 centimètres d'épaisseur, proviennent certainement d'arbres. Celles de la Campine, au contraire, sont bien minces et ont plutôt l'aspect de racines de plantes aquatiques. C'est juste au-dessus de ce sable et dans la base de l'argile que se trouvent généralement, dans ces endroits de la Campine, des débris végétaux et quelquefois des ossements de mammifères du Pliocène supérieur.

(1) M. Reid a obtenu la plupart de ces derniers en lavant les sables argileux sur un tamis. C'est ce qui explique leur prépondérance relative, prépondérance représentant cependant la proportion naturelle.

(2) *Geology of the country around Cromer*, LOC. CIT., pp. 47 et 26-27.

Le dépôt d'eau douce inférieur, le « Lower Freshwater-Bed » de M. Clement Reid, dont l'existence me paraît bien problématique, n'a été vu *in situ* par lui qu'en trois endroits, durant quelque temps, dans des conditions favorables de la plage et à la marée basse :

1° A un peu plus d'un kilomètre au Nord-Ouest de Cromer; parfois on voyait, exposée à marée basse, sur environ 90 mètres, une boue noire, épaisse de $0^{m}6$ à $0^{m}9$, qui, d'après M. Reid, représente le « Lower Freshwater-Bed ».

Cette boue charbonneuse, couverte par de l'argile sableuse, laminée, de couleur verdâtre, remplie de bois et contenant occasionnellement des coquilles marines et des cônes de pin, ravine le Crag de Weybourne, directement sous-jacent ailleurs à l'Estuarine-Bed, et même, sur quelques pieds, elle pénètre dans la Craie. Elle renfermait des os de poissons d'eau douce et, en abondance, des graines de plantes aquatiques et palustres.

Dans une publication postérieure (1), M. Reid énumère ces plantes comme suit :

Ranunculus aquatilis
Myriophyllum spicatum
Potamogeton lucens
— *praelongus*
Eriophoron angustifolium

Ce sont toutes espèces vivant encore aujourd'hui dans le Norfolk.

Il n'y a rien que ces coquilles marines occasionnelles qui semblent opposées à ce que nous considérions cette boue, avec l'argile sableuse, comme une partie de l'Upper Freshwater-Bed qui, ici, aurait été déposé dans un bassin un peu plus profond (de 4 mètres environ) qu'à l'ordinaire (2).

Quant à ces quelques coquilles marines, il est évident qu'elles peuvent venir du Crag de Weybourne.

2° L'autre partie du « Lower Freshwater-Bed », considérée comme étant *in situ* par M. Reid, était près de Trimingham. Il l'a décrite et figurée (3), mais il est difficile, en considérant avec attention cette

---

(1) C. Reid, *The Origin of the British Flora*, p. 64. London, 1899.

(2) Voir pour ces différences de niveau du Freshwater-Bed (supérieur) la figure fournie par C. Reid dans : *On the Succession and Classification of the Beds between the Chalk and the Lower Boulder Clay in the neighbourhood of Cromer.* (Geol. Mag., 1877, p. 305.)

(3) *Cromer Memoir*, pp. 16 et 33.

description et cette section figurée, de voir dans cette couche, peu importante, de lignite et de sable argileux, verte, charbonneuse, autre chose que la base de l'Estuarine-Bed, refaite en partie du Weybourne-Crag sous-jacent. En tous cas, je ne vois aucune nécessité à y admettre une couche intermédiaire spéciale. Les couches numérotées de 4 à 7, quoique réparties dans les trois assises, appartiennent incontestablement à un même ensemble. M. Reid dit, dans sa description, que cette boue durcie, noire et charbonneuse, qu'à Trimingham il rapporte à son Lower Freshwater-Bed, était pleine de graines de plantes, mais, dans son *Origin of the British Flora*, où il cite les localités dont on a obtenu les plantes, il ne nomme ni pour Trimingham ni pour Sidestrand, localité voisine, aucune plante du Lower Freshwater-Bed (1);

3° M. Reid croit que la tourbe laminée noire, pleine de fruits de *Trapa natans* et contenant un seul spécimen de *Ceratophyllum demersum*, qu'il a vue une fois mise à découvert au Sud de Mundesley, à un niveau moyen entre la marée basse et la marée haute, y représente aussi le Lower Freshwater-Bed. Mais le rapport aux autres divisions de la Série du Forest-Bed n'était pas visible (2). La même tourbe était encore à découvert à environ 1 kilomètre plus au Sud, contenant beaucoup de graines de *Menyanthes trifoliata*, mais non pas des fruits de *Trapa*. Évidemment ici non plus, il n'est nullement certain que ce dépôt ne puisse appartenir à l'Upper Freshwater-Bed.

Voilà les seuls endroits où M. Reid croit avoir observé le Lower Freshwater Bed *in situ*. Pour le reste, ce n'est que par des fragments remaniés, dans l'Estuarine-Bed, et surtout par des gâteaux de tourbe et des plaques d'argile endurcie par imprégnation ferrugineuse (clay-ironstones), ramassés sur la plage, renfermant les uns surtout des graines et les autres des feuilles de plantes, que M. Reid croit devoir admettre l'existence d'un Lower Freshwater-Bed.

D'après une lettre que je viens de recevoir de M. Reid et d'après son ouvrage *Origin of the British Flora* (p. 74), il a reconnu, par les feuilles, dans ces clay-ironstones :

Cornus sanguinea	*Fagus sylvatica*
Ulmus montana?	*Salix*, 2 sp.
Betula alba	*Pinus sylvestris*
Alnus glutinosa	*Picea excelsa* (cône)
Quercus robur	

(1) *Origin of the British Flora*, pp. 89 et 93.
(2) *Pliocene Deposits of Britain*, p. 168.

En outre, dans sa lettre, M. Reid cite encore *Trapa natans*, trouvé, d'après *Origin of the British Flora* (p. 82), à Mundesley, dans la tourbe du supposé Lower Freshwater-Bed, puis *Nuphar luteum* et *Menyanthes trifoliata* (p. 134), de Mundesley et de Happisburgh, et *Osmunda regalis*. Cette dernière espèce est très commune dans le Cromerien de Mundesley (p. 168).

Évidemment, on est moins sûr de ce que les clay-ironstones jetées sur la plage proviennent, en effet, d'un dépôt plus ancien que l'Estuarine-Bed. Or, si l'on fait abstraction des plantes déterminées par les feuilles renfermées dans ces cailloux, il n'en reste que peu dont on pourrait présumer avec un peu plus de droit qu'elles vinrent peut-être d'un dépôt inférieur, et de celles-ci de même, il est tout au moins possible qu'elles appartiennent à l'Upper Freshwater-Bed. Notons de plus que, dans l'argile de Tégelen, incontestablement pliocène, il se trouve :

Trapa natans
Cornus mas
Nuphar luteum
Abies pectinata

à côté d'espèces disparues de l'Europe septentrionale, ou ne vivant plus.

L'existence d'un Lower Freshwater-Bed réel, qui aurait fourni à M. Reid les plantes citées, reste donc pour le moins très problématique.

Revenons à présent au Forest-Bed propre, le dépôt d'estuaire de la série cromerienne, et considérons d'abord de plus près le gravier qui le compose dans une si grande proportion.

Les caractères des cailloux de celui-ci sont remarquables. Ces cailloux ne peuvent avoir été apportés que par un grand fleuve qui venait de l'Est ou du Sud-Est. Un nombre considérable de ces cailloux sont d'origine rhénane. En effet, de commun accord, les géologues anglais et belges n'hésitent pas à considérer ce cailloutis des côtes de Norfolk et de Suffolk comme un dépôt d'un *ancien Rhin* avec ses tributaires, en partie anglais.

Beaucoup de ces cailloux sont anguleux et de dimensions assez grandes. Des rognons de silex, gros comme le poing et parfois le double, sont communs. On y a même vu quelques gros blocs. Ainsi, à Sherringham, à la base de cette division de la Série du Forest-Bed, un bloc angulaire de pétrosilex (felsite), long de 27 centimètres, et, un peu plus loin, plusieurs masses de quartz laiteux et des blocs de quartzite

d'environ 30 centimètres. A East-Runton, un bloc de granit grossier, grisâtre, de provenance inconnue, mesurant jusqu'à 60 centimètres, a été vu parmi les morceaux d'argile et les os (1).

Dans l'opinion de M. Reid, il est évident qu'un bon nombre des pierres de ces graviers ont été transportées dans leur gîte actuel par des glaçons de rivière. Mais il ne croit pas qu'il soit pour cela nécessaire d'admettre que le climat d'alors ait été plus arctique que celui de Norfolk d'aujourd'hui, parce que, durant des hivers rigoureux, les glaçons de la Tamise d'aujourd'hui seraient tout à fait capables de charrier les plus grandes de ces pierres. Je n'en doute pas, mais il me paraît impossible que jamais les glaçons d'une rivière actuelle de ces contrées transportent de grosses pierres dans une aussi grande proportion qu'elles se trouvent dans ce gravier. De plus, il n'est pas admissible qu'un seul des assez gros cailloux rhénans, si nombreux dans ces graviers, ait fait le trajet des *quatre cents kilomètres* de l'aval de cet ancien Rhin sur un terrain d'alluvions, autrement que transporté par des glaces. En effet, les eaux, demeurées liquides, d'un fleuve, quelque puissant qu'il soit, ne déplacent ces gros graviers de fond que quand la pente appartient au régime torrentiel. Ce dernier est impossible sur un terrain composé d'alluvions. Or, un transport glaciaire *sur une aussi grande échelle* implique nécessairement un climat de beaucoup plus froid que le climat actuel, une véritable époque glaciaire.

En prenant en bonne considération tous ces faits concernant le gravier du Cromerien, il me paraît inévitable d'admettre, pour leur transport, les mêmes effets qui ont été en jeu pour le dépôt des cailloutis glacio-fluviatiles du Pléistocène, des effets semblables à ceux qui se produisent comme un phénomène constant dans les fleuves actuels de la Sibérie, du Canada et de l'Alaska (2).

La formation de glace de fond doit avoir été un phénomène très général aux périodes glaciaires de l'époque pléistocène. Quand, avec le dégel universel, des radeaux de glace ayant, à l'amont du Rhin et de ses tributaires, adhéré au fond et comprenant dans leur masse les cailloux qui les jonchaient, dérivaient vers l'aval pour aller échouer à l'embouchure du grand fleuve, ils devaient y apporter les matériaux des graviers en question. C'est le seul moyen, me semble-t-il, de comprendre leur dépôt.

Je n'hésite donc pas à considérer le gravier du Cromerien comme

(1) C. Reid, *Pliocene Deposits of Britain*, pp. 154 et 158.

(2) A. de Lapparent, *Traité de Géologie*, 4e éd., pp. 314-317.

un véritable dépôt glacio-fluviatile, un dépôt produit par la fonte des glaces. Or, comme l'extension du domaine des glaces est le fait caractérisant l'époque pléistocène, il s'ensuit qu'il faut rapporter ce dépôt du Forest-Bed propre ou l'Estuarine-Bed à cette époque.

Que le Crag de Weybourne, sous-jacent, soit un dépôt glaciaire, personne n'en doute. Pas moins d'*un sixième* du nombre total des espèces de mollusques marins de ce dépôt sont des espèces arctiques et aucune espèce n'est méditerranéenne, tandis que, au contraire, les couches sous-jacentes comptent moins d'un douzième du nombre total d'espèces arctiques et plusieurs espèces méditerranéennes. De plus, dans le Crag de Weybourne également, on rencontre fréquemment d'assez gros blocs qui ont dû avoir été charriés par la glace. M. Reid cite, de la base du Crag de Weybourne, un gros caillou de quartzite ayant 25 centimètres de diamètre, un bloc angulaire de grès brun d'origine inconnue, long de 30 centimètres, et un autre bloc de quartzite long de 45 centimètres (1). Le gros bloc de basalte mesurant 45 centimètres en largeur, cité par M. H.-B. Woodward (2), appartient probablement au même horizon. On sait d'ailleurs que, bien que le gravier caillouteux de la base du Crag de Weybourne soit principalement composé de rognons de silex, d'origine locale, ce « stone-bed » contient un nombre considérable de pierres d'origine méridionale.

Voilà donc le dépôt glaciaire précédant la division glacio-fluviatile du Cromerien.

J'ai déjà indiqué que je considère le Crag de Weybourne comme immédiatement sous-jacent à l'Estuarine-Bed du Cromerien, les deux sections de Trimingham et du Nord-Ouest de Cromer, décrites par M. Reid, ne prouvant pas que quelque dépôt d'eau douce soit intercalé entre ce dépôt marin et celui d'estuaire. Fréquemment, d'ailleurs, ceux-ci ne peuvent pas être délimités l'un de l'autre là où ils sont tous les deux présents; souvent, il est douteux que l'on ait affaire à l'un ou à l'autre dépôt, ou bien il semble que l'un d'eux seulement soit présent. A l'exception de ces deux coupes problématiques, le Crag de Weybourne est toujours en contact avec le dépôt d'estuaire du Forest-Bed s'il n'est pas à nu (3).

Dans ma manière de voir, les ossements que l'on trouve dans ce

---

(1) *Cromer Memoir*, pp. 12 et 14.

(2) *Ibidem*, p. 53.

(3) Voir, à cet égard, les coupes du Forest-Bed dans le *Cromer Memoir* de Cl. Reid et sa description précitée, de 1877.

dernier, le plus souvent à sa base, au milieu de morceaux d'argile dérivés de quelque dépôt d'eau douce, plus ancien que l'Estuarine-Bed et le Crag de Weybourne, sont dérivés du même dépôt argileux, probablement peu éloigné (1), duquel ils ont été lavés par les grandes crues à l'époque de la fonte des glaces de la première époque glaciaire. La destruction de ce dépôt ossifère, où les ossements furent d'ailleurs protégés dans leur enveloppe d'argile mieux que dans aucun autre dépôt non consolidé, aura eu lieu avec assez peu de violence pour que de gros morceaux d'argile et des fragments des ossements renfermés dans ce dépôt, quelquefois de dimensions considérables, aient pu rester entiers.

D'autre part, il ne peut pas nous étonner que la plupart des os ont été brisés, ces os ayant déjà été rendus beaucoup plus fragiles par la fossilisation antérieure qu'ils n'étaient dans l'état frais; mais leur sculpture superficielle a ordinairement dû plus ou moins s'user par ce lavage. Aussi, à l'exception des dents, presque aucun des ossements du Forest-Bed propre, que j'ai vus aux Musées de Londres et de Norwich n'a la sculpture superficielle aussi intacte que ceux de Tégelen.

A l'appui de cette manière de voir que le dépôt du Crag de Weybourne aussi est, en effet, postérieur à ce dépôt d'argile ossifère, dont l'existence a été reconnue par les produits de sa destruction, on pourrait encore citer les faits que, dans ce dépôt marin également, on rencontre souvent des ossements d'*Arvicola intermedius* et d'autres mammifères, ainsi que des coquilles d'eau douce et terrestres. Cependant, il n'est pas prouvé que ces faits n'indiquent pas simplement, comme le veut M. Reid, des conditions locales d'estuaire ayant existé lors du dépôt du Crag de Weybourne.

---

(1) M. Reid a déjà admis la possibilité que quelques-uns des débris de mammifères de l'Estuarine-Bed ont été lavés d'un dépôt d'eau douce détruit, qu'il considérait avoir été son « Lower Freshwater-Bed ». (*Cromer Memoir*, p. 44.) — Je puis bien me ranger de l'avis de M. Harmer, qui regarde les ossements de mammifères de la base du Crag rouge et de celle du Crag de Norwich comme dérivés de quelque dépôt préexistant du Pliocène inférieur, ou du Miocène. Cette manière de voir supprime, en effet, la difficulté de se figurer des animaux d'un type plus ancien et méridional, tels que *Mastodon*, continuant à vivre durant l'époque du Crag de Norwich, coexistant avec la faune malacologique de ce dernier et avec des mollusques arctiques, tels que *Astarte borealis* et *Cardium groenlandicum*. (F. W. HARMER, *On the Kessingland Cliff Section, etc.* [QUART. JOURN. GEOL. SOC., vol. 33, 1877, pp. 138-139], et *Sketch of the later Tertiary History of East Anglia*, LOC. CIT., p. 433.) Il me semble être de prime importance de réexaminer l'ordre stratigraphique de tous ces dépôts, *en ne tenant pas compte des débris de mammifères qu'ils contiennent.*

En résumé, je considère que c'est à tort que l'on a réuni dans un même groupe : le Cromerien ou la Série du Forest-Bed, les trois dépôts prénommés, en admettant qu'ils soient contemporains ou à peu près.

Je pense que les faits nous obligent à rapporter le Forest-Bed propre ou l'Estuarine-Bed, aussi bien que le Crag de Weybourne, *à la première période glaciaire de l'époque pléistocène*, la période scanienne de M. James Geikie. Les ossements, du moins la plupart, qui ont fait ce dépôt célèbre, ne sont qu'empruntés à quelque dépôt du Pliocène supérieur et n'y ont été introduits, avec des lambeaux d'argile et des gâteaux de tourbe, que par la destruction de ce dépôt plus ancien. C'est ce dépôt, peut-être entièrement détruit, qu'il faut considérer comme l'équivalent anglais de l'argile de Tégelen et de la Campine.

Le gravier du « Diluvium rhénan » de Tégelen, qui, dans quelques rares cas, lui aussi, renferme des os remaniés de l'argile pliocène, dépôt glacio-fluviatile de la première période glaciaire, paraît alors être l'équivalent réel du Forest-Bed propre, assise qui seule, dorénavant, semble pouvoir mériter ce nom.

La faune et la flore de l'Upper Freshwater-Bed, mieux nommé simplement le Freshwater-Bed, sont donc interglaciaires, et du moins la plupart des rares plantes trouvées probablement dans quelques parties de ce dernier, déposées dans des bassins un peu plus profonds et trouvées surtout dans des cailloux d'argile durcie et des morceaux de tourbe jetés sur la plage, plantes qui ont induit M. Reid, malgré tant de contradictions données par les autres faits, à admettre un dépôt d'eau douce en dessous de l'Estuarine-Bed, appartiennent aussi à cette division supérieure de l'hétérogène « Cromerien ». Quelques-unes de ces plantes peuvent appartenir en propre à cet Estuarine-Bed, et il n'est pas impossible que quelques autres soient effectivement dérivées du même dépôt argileux préexistant, inconnu *in situ*, qui a fourni les ossements à l'Estuarine-Bed.

Il me paraît que, par cette manière de voir, les faits relatifs au « Cromerien » sont remis en accord naturel, aussi bien entre eux qu'avec les données ayant rapport au Pliocène supérieur et aux premières périodes de l'époque pléistocène d'autres contrées de l'Europe.

ANNEXE A LA SÉANCE DU 17 OCTOBRE 1905.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

GEORGES ENGERRAND. — **Six leçons de Préhistoire** (1 vol. petit in-8° de 263 p. et 124 fig. dans le texte. Bruxelles, 1905) (1).

Notre confrère M. G. Engerrand vient de publier, en un charmant petit volume, un développement des six leçons de Préhistoire qu'il a professées dans une dizaine de localités du pays sous les auspices de l'Extension universitaire.

Sous son titre modeste, il constitue néanmoins le seul traité élémentaire de Préhistoire qui soit vraiment au courant des recherches et des idées nouvelles.

L'auteur nous initie à toutes les grandes questions qui éveillent en ce moment un si grand intérêt pour les études préhistoriques basées sur la géologie, et à ce titre le petit livre de M. Engerrand est appelé à un grand et légitime succès.

Nous engageons donc vivement tous ceux qui s'intéressent aux origines et au développement de l'humanité à acquérir le volume dont il est ici question; ils n'auront pas à le regretter.

Pour recevoir ce livre, s'adresser à M. G. Engerrand, 40, rue des Châlets, Uccle-Bruxelles. A. R.

Manuel de Recherches préhistoriques, publié par la SOCIÉTÉ PRÉHISTORIQUE DE FRANCE. Paris, Schleicher frères, 1906 (2).

Ce livre, dû à la collaboration de savants, tels que MM. Rivière, A. de Mortillet, Fourdrignier, Marcel Baudouin, Taté, Thiot, Edmond

(1) Offert à la *bibliothèque* de la Société belge de Géologie par l'auteur. Inscrit au catalogue sous le n° 4856.

(2) Offert à la *bibliothèque* de la Société belge de Géologie par l'éditeur, MM. Schielcher frères, à Paris. Inscrit au catalogue sous le n° 4817.

Hue, Henri Martin, passés maîtres dans la pratique des fouilles préhistoriques, vient très heureusement combler une lacune dans la littérature des sciences anthropologiques : nous avons désormais un guide sûr pour les recherches sur le terrain. Combien de fois n'avons-nous pas eu, en effet, à regretter la perte de documents préhistoriques de haute importance à cause de l'inexpérience des gens qui s'étaient crus capables d'entreprendre et de conduire une fouille! Combien d'objets précieux perdus pour la science, faute d'un classement méthodique, faute d'une bonne conservation! Désormais, en suivant pas à pas les conseils dus à l'expérience des auteurs de ce manuel, de pareils mécomptes pourront être évités, et sans nous dissimuler que les débutants auront sans aucun doute encore à faire mainte école avant de passer maîtres, tout au moins sommes-nous convaincus qu'ils éviteront à leur bonne volonté les fautes lourdes et les erreurs grossières. Nous ajouterons même que ceux qui n'en sont plus à leurs premières fouilles auront encore beaucoup à apprendre en parcourant les pages si claires et si nettes de cet excellent manuel. Nous pensons qu'on ne peut être plus complet que ne l'ont été les auteurs de ce livre. Qu'on en juge par un coup d'œil sur la liste des principaux chapitres.

L'ouvrage comprend deux parties : la première, consacrée à la technique générale des fouilles préhistoriques, la seconde à la technique spéciale de chaque genre de fouilles. Dans la première partie, on trouvera successivement la description du matériel nécessaire aux fouilles, l'indication des formalités légales dont il est prudent de s'entourer, puis le détail des précautions à prendre pour la récolte et la conservation des objets, le levé des plans et des coupes, la photographie des lieux, le classement des collections. Il y a même un chapitre relatif à la détermination de la taille et du sexe d'un être humain préhistorique, à propos duquel nous nous permettrons de faire quelques réserves; mais nous le signalons pour montrer combien grand a été le souci des auteurs d'être aussi complets que possible.

La seconde partie traite en particulier de la conduite à tenir lors des recherches dans les gisements superficiels, dans les berges des cours d'eau, dans les stations lacustres, puis des fouilles de sépultures, de grottes et cavernes, de monuments mégalithiques, de tumuli, d'enceintes défensives, etc. Suit en annexe un excellent répertoire des termes technologiques employés en préhistoire. Et le tout est accompagné de figures nombreuses et de tableaux de toutes sortes augmentant encore la clarté du texte.

En résumé, ce livre constitue le vade-mecum indispensable du fouilleur préhistorique, et nous devons remercier et féliciter la Société préhistorique de France d'en avoir entrepris la publication.

VICTOR JACQUES.

A. DE LAPPARENT, de l'Institut. — **Traité de Géologie** (1). Cinquième édition, refondue et considérablement augmentée. 3 vol. grand in-8°, contenant xvi-2016 pages, avec 883 figures. Prix : 38 francs. — Masson et Cie, 120, boulevard Saint-Germain. Paris (vi).

Il est certains mots qui ont un pouvoir évocatif tout particulier et auquel nul n'échappe! Nous ne croyons pas être contredit en affirmant que, pour les géologues de l'Univers entier, la lecture de cette simple phrase : *Une cinquième édition du Traité de Géologie de M. A. de Lapparent vient de paraître*, remplit merveilleusement les conditions précitées. En effet, dans chacune de ses quatre éditions antérieures, le brillant et si fécond assimilateur et vulgarisateur des progrès de la géologie a ouvert aux lecteurs de son *Traité* des horizons si étendus que la publication d'une cinquième édition de son livre constitue un véritable événement scientifique.

Lorsque parut, il y a cinq ans à peine, la quatrième édition du *Traité,* qui renfermait tant de choses nouvelles et qui, abandonnant les *systèmes* géologiques pour unités de description et les remplaçant par les *étages*, illustrait de manière si documentée, pour chacun de ceux-ci, l'histoire détaillée du contour successif des terres et des mers, figurées sous forme d'esquisses paléogéographiques, au nombre de quatre-vingts, il paraissait difficile d'espérer, après une telle étape, l'apparition prochaine d'une édition apportant de sérieux et nouveaux progrès.

Or voici que, au contraire, jamais évolution plus considérable ne fut l'apanage de l'édition nouvelle d'un traité classique. C'est au point que l'on peut se demander si, vraiment, nous sommes en présence de l'édition améliorée d'un livre connu. Ce n'est plus le *Traité*, revu et complété, comme toujours, c'est une *Encyclopédie géologique* que nous avons devant les yeux! C'est un livre nouveau dans lequel, en contraste avec les connaissances jusqu'ici apportées par l'étude géologique d'une

---

(1) Offert par l'auteur à la *bibliothèque* de la Société belge de Géologie. Inscrit au n° 4855 du catalogue.

minime partie de l'hémisphère septentrional, nous trouvons, pour la première fois, l'apport considérable et captivant fourni par l'étude de toutes les parties du globe. Les explorations qui depuis la date, si récente cependant, de la quatrième édition nous ont dévoilé, pour la première fois, les prémices et les mystères de l'histoire de tant de régions autrefois *terra incognita* pour le géologue; les progrès tout spéciaux de la tectonique des montagnes et des Alpes en particulier; la découverte de nouveaux bassins houillers, l'évolution rapide des études pétrographiques, sismiques et autres, tout cela s'est rapidement condensé et cristallisé harmonieusement sous la plume alerte et élégante du plus perspicace des assimilateurs scientifiques et s'est traduit par l'exposé le plus complet, le plus varié que le lecteur avide de nouveau et de progrès géologique puisse rêver.

La quatrième édition du livre renfermait 1912 pages; la cinquième en contient 2016; toutefois, cet accroissement, ne dépassant guère en volume total une centaine de pages, ne paraît pas, au premier abord, dénoter de sérieux accroissements de matière. Or c'est, au contraire, ce qui constitue le mérite de cette cinquième édition, car l'exposé actuel n'a pu être obtenu qu'à l'aide d'une sorte de *refonte complète* de l'ouvrage. Il n'y a pas, en effet, à signaler seulement l'intercalation pure et simple d'éléments inédits, introduits au cours de l'exposé et relatifs à des connaissances ignorées à l'époque de la quatrième édition du *Traité de Géologie;* mais, conjointement, une perspicace sélection a fait supprimer, par une sorte d'épuration scientifique, de multiples paragraphes et même des figures d'intérêt secondaire, dont la nécessité s'impose de moins en moins avec le progrès des connaissances générales du lecteur, et, corrélativement à cet élagage, une revision sérieuse et approfondie de presque *toutes les parties du livre* a donné lieu, de la part de l'auteur, toujours à l'affût de tout élément nouveau, à des remaniements qu'il a intégralement appliqués à tout son texte.

Le premier volume, consacré aux *Phénomènes actuels*, constitue un frappant exemple de ce que nous avançons.

Il semble que rien n'y soit changé, et les rubriques s'y présentent sans modifications ni adjonctions. Mais que de rectifications de détail, d'actualités de toute espèce et de faits nouveaux s'y trouvent condensés et heureusement intercalés! Les dernières observations faites sur la captivante question des anomalies de la pesanteur et la récente éruption des Antilles y ont trouvé leur place tout indiquée, remplaçant des

données d'une utilité devenue contestable et dont la suppression est elle-même un progrès pour le livre.

Nous regretterons toutefois qu'au premier chapitre du volume, consacré à l'examen de quelques théories relatives au volcanisme, l'auteur ait cru devoir passer sous silence, d'une manière peut-être trop systématique, les vues si intéressantes de feu Stübel. Nous savons bien (1) qu'il n'en est personnellement guère partisan, mais, dans le tableau impartial des idées et des thèses nouvelles, surtout quand elles émanent, comme ici, d'un spécialiste ayant passé une partie de son existence à étudier le volcanisme sur place, une telle omission sera trop remarquée pour n'être pas l'objet de regrets de la part du lecteur.

Si dans la dernière section du livre troisième, relative aux phénomènes de dislocation, le chapitre II, qui traite des oscillations des lignes de rivage, n'a peut-être pas reçu tous les compléments espérés, le chapitre Ier, ou des tremblements de terre, a, par contre, été l'objet de précieuses additions, résultant des travaux des observatoires sismiques groupés autour de l'Association britannique, et notamment de ceux fonctionnant au Japon. Les plus récents résultats, si curieux et si suggestifs, des études sismologiques de ces dernières années se trouvent ici présentés et synthétisés de main de maître.

Le deuxième volume débute, comme dans l'édition précédente, par des notions fondamentales sur la composition de l'écorce terrestre. Mais on y trouve, cette fois, pour ce qui concerne les roches et la lithologie, ses méthodes et ses résultats, une série de profondes et heureuses modifications, réparties surtout dans les quatre premiers chapitres, qui traitent des matériaux des formations dites *endogènes* (produits de consolidation, tant de la croûte primitive que des épanchements cristallisés au sein de l'écorce sédimentaire terrestre). La pétrographie a évolué si rapidement pendant ces dernières années que l'on ne s'étonnera pas du scrupule apporté par l'auteur à faire largement profiter ses lecteurs des progrès accomplis dans cette voie.

A l'ensemble des matières jusqu'ici signalées ont été consacrées 710 pages, contre 687 dans la dernière édition, et si aux feuillets numériquement supplémentaires l'on ajoute les modifications multiples et les adjonctions permises par des suppressions judicieuses, on

---

(1) A. DE LAPPARENT, *Les nouveaux aspects du volcanisme.* (REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, octobre 1905.)

peut juger du labeur réalisé dans ce nouvel exposé, dont la lecture permettra d'apprécier l'importance scientifique.

Passant aux *dépôts sédimentaires*, auxquels est consacrée toute la deuxième partie de l'ouvrage (volumes 2 et 3), nous signalerons tout d'abord les modifications apportées dans l'exposé relatif à l'Archéen, et comme exemple de ces précieuses informations récentes, qui nous fournissent non seulement une compréhension plus nette du phénomène métamorphique dans la formation des schistes cristallins, mais encore la solution nouvelle d'importants problèmes régionaux, nous citerons la comparaison, accompagnée de coupes suggestives, de l'ancienne et de la nouvelle interprétation du massif du Simplon.

Dans la quatrième édition, le Cambrien, dit Précambrien, et le Silurien occupaient 64 pages. Dans la cinquième, ils en ont réclamé 76; c'est dire que bien des données nouvelles viennent enrichir les connaissances du lecteur. Pour ce qui concerne le Dévonien, il y a plus que des additions similaires. Dans la quatrième édition du *Traité*, le Dévonien était classiquement subdivisé en inférieur, moyen et supérieur, autour desquels se groupaient les étages et assises. Mais ici nous voyons l'attention du lecteur tout spécialement attirée par une exposition différente, tant des faits que des groupements de premier ordre, et l'auteur propose l'adoption d'une subdivision principale du Dévonien en *deux séries :* éodévonienne et mésodévonienne.

Peut-être M. de Lapparent aura-t-il fort à faire pour engager ses confrères à adopter cette nouvelle manière de voir, mais elle paraît cependant très justifiée par le dualisme d'action des phénomènes tectoniques, par la différenciation générale des extensions marines successives, par les prédominances sédimentaires, d'abord sableuses et argileuses, puis calcaires et, enfin, par les caractères fauniques, qui différencient fort nettement ces deux grandes divisions de la période dévonienne.

Le Carbonifère a subi, lui aussi, une refonte sérieuse, qui a réclamé l'adjonction de 17 pages et de diverses figures. La Belgique, soit dit en passant, où se trouve le type du bel étage dinantien, a contribué pour une certaine part dans ces remaniements et ajoutes, bien que le nouveau bassin houiller du Limbourg belge et de la Campine eût pu être signalé avec un peu plus de développement et de documentation.

L'auteur reste partisan très convaincu de la généralité de l'origine de la houille par voie de flottage, et certains observateurs, M. le professeur Potonié notamment, lui reprocheront peut-être, avec raison,

d'avoir trop exclusivement présenté, pour les appliquer systématiquement aux bassins houillers du Nord de l'Europe, les faits et arguments qui justifient, sans conteste, cette origine pour les petits bassins localisés du Plateau central.

Des coupes nouvelles et des détails inédits sur la constitution de maints bassins houillers européens et même américains — jusqu'ici peu connus des lecteurs européens — forment un apport précieux à cet exposé et donnent à cette partie du livre une valeur pratique toute spéciale.

Les modifications et adjonctions faites au Permien ont réclamé quatre pages supplémentaires, et si nous entrons dans ces détails, c'est pour montrer qu'en ses moindres parties l'ouvrage a subi les effets d'une véritable refonte.

Pour ce qui concerne le Trias et le Jurassique, les remaniements, par suppression et augmentation de texte, représentent plus d'une quinzaine de pages d'adjonctions totales. Notons que le Triasique inférieur devient maintenant l'*Éotriasique*, que le Trias moyen s'appelle le *Mésotriasique* et, enfin que l'appellation de *Néotriasique* s'applique, dans cette nouvelle édition du *Traité*, à l'ancien Triasique supérieur. Ce sont là, sous cette forme nouvelle, dont l'adoption ne s'impose pas absolument d'ailleurs, des groupements plus ou moins provisoires, comme le reconnaît l'auteur, et le point faible, s'appliquant à de nombreux horizons spéciaux ou régionaux, est que bien des subdivisions ou zones paléontologiques y sont artificiellement élevées au rang de sous-étages. Les groupements définitifs, d'ordre secondaire, et les synchronismes précis réclament des études restant encore à faire.

Si nous passons aux terrains crétacés, qui débutent avec le commencement du troisième volume, nous constatons une augmentation totale de texte représentant vingt-cinq pages; l'augmentation relative au Tertiaire atteint une quinzaine de pages.

Les géologues belges, comme ceux du Nord de la France, verront avec plaisir la réhabilitation du Landenien de Dumont, qu'ils ont contribué à défendre contre l'intrusion d'un assez malencontreux *Sparnacien*, qui occupait sa place dans les éditions précédentes du *Traité* et qui, à juste titre, est maintenant reconnu ne représenter qu'un simple facies lagunaire de l'étage landenien.

Dans l'édition précédente du *Traité de Géologie*, le Bartonien (englobant le Ledien et le Wemmelien belges) était suivi, comme clôture de la série éocène, d'un *étage ludien* (ou priabonien). Dans le bassin de

Paris, cet étage était réservé à des formations lagunaires, avec développement d'éléments gypseux très particuliers. Mais, ici aussi, on avait affaire à des facies soit locaux, soit régionaux, et sans rapport avec ce qui se passait synchroniquement dans le reste de l'Europe et ailleurs, où des formations marines, nettement oligocènes, se trouvaient, de par l'autorité de la quatrième édition du *Traité*, fâcheusement rattachées à la série éocène, étant synchronisées avec cet étage ludien, éocène.

De telles assimilations, que rien ne justifiait, étaient déplaisantes et anormales aux yeux des géologues allemands, belges et anglais, connaissant en détail la faune et les caractères des dépôts qu'ils savaient pertinemment appartenir à la grande transgression marine, si générale et si caractéristique, des débuts de l'Oligocène inférieur.

Aussi sera-ce avec une véritable satisfaction que les géologues spécialistes du Tertiaire verront, dans la cinquième édition du *Traité* de M. de Lapparent, cet étage hétérogène du Ludien supprimé résolument de la série éocène, et ils trouveront que c'est avec raison que, pour le Landenien comme pour le Tongrien, l'auteur demande maintenant aux *régions typiques à dépôts marins,* de fournir la démarcation rationnelle des divisions de caractère général et, spécialement en l'occurrence, celle qu'il convient de tracer entre l'Éocène supérieur et l'Oligocène, dans lequel il classe judicieusement aujourd'hui la plus grande partie du gypse parisien.

Un jour viendra peut-être où M. de Lapparent, à l'exemple de Suess et d'autres, attachera aussi un peu plus d'importance aux applications de la théorie du *cycle sédimentaire marin,* dont il ne paraît pas, jusqu'ici, reconnaître la haute portée, au point de vue des bases de la classification rationnelle des dépôts. Et cependant, cette base de classification vient de faire brillamment ses preuves d'applications pratiques, si l'on en juge par l'échelle stratigraphique, rendue si lumineuse grâce à elle, d'un grand nombre de formations représentées dans la légende de la Carte géologique détaillée de la Belgique, récemment achevée.

Sauf dans son nouveau *Tableau du synchronisme des assises oligocènes,* où, en face de l'Oligocène inférieur, sont inscrits les noms de Tongrien et Sannoisien, M. de Lapparent, au cours de son texte, ne propose nettement aucun nom général d'étage pour le groupe de dépôts dans lequel il se borne à englober le Latdorfien des Allemands, le Tongrien de Dumont, en y adjoignant notre Hénisien : épisode lagunaire et fluvio-marin constituant, en Belgique, le Tongrien supérieur, dont les représentants s'étendent d'ailleurs au loin à l'étranger, sous forme de glaises vertes à Cyrènes, etc. Enfin, dans le même groupe inférieur

de l'Oligocène, il englobe, très justement, les assises de Headon et de Brokenhurst, que la quatrième édition du *Traité* rangeait si fâcheusement dans le Ludien éocène.

Mais c'est peut-être aller un peu trop loin en réaction contre les vues antérieures du *Traité* que d'accepter, sans contrôle paléontologique ou autre, l'opinion de M. Douvillé qui, se basant uniquement sur des données fournies par l'évolution « operculiniforme » des Nummulites du Wemmelien belge, n'hésite pas à classer cette assise à la base des termes stratigraphiques constituant l'Oligocène inférieur.

L'ensemble des dépôts oligocènes qui caractérisent le Stampien et le Rupelien du nouveau « Tableau » de M. de Lapparent constitue assurément un groupe logique et bien établi ; mais, au lieu de le maintenir dans l'Oligocène moyen, l'auteur en fait résolument son Oligocène supérieur et, se ralliant à l'opinion formulée en 1893 par M. Fallot, il range dans le Miocène l'ancien Aquitanien, correspondant naguère à l'Oligocène supérieur. Cela sera discuté sans doute, mais ce qui sera certainement contesté, en Belgique tout au moins, c'est l'inopportune idée de ranger, dans cet Aquitanien des *débuts* du Miocène, ainsi élargi, la « partie inférieure et moyenne » des sables du Bolderberg (*Bolderien*) en Belgique. Si une telle assimilation est parfaitement justifiée pour l'argile d'Andenne et encore pour certains dépôts sableux et caillouteux de la Haute-Belgique, elle n'est pas admissible pour les dépôts fossilifères du Bolderberg, dont la faune réclame, pour être mieux connue, une revision dont M. de Lapparent ne soupçonne sans doute pas la nécessité, mais dont certains éléments typiques, tels que *Melongena cornuta*, *Tympanotomus lignitarum*, etc., déterminent avec une certitude absolue l'âge *miocène moyen*.

N'est-ce pas, d'autre part, rajeunir trop sensiblement la faune d'Edeghem et l'*Anversien* en général que de les ranger dans le Miocène supérieur (Sarmatien et Pontien), alors que Bolderien et Anversien sont, en réalité, si intimement liés l'un à l'autre qu'ils constituent tout au plus des assises d'un même étage. Il est vrai que, naguère (en 1872), l'auteur de ces lignes en avait fait du Mio-Pliocène, réagissant cependant, avec raison, contre l'opinion courante qui rattachait alors l'Anversien supérieur au *Pliocène*, sous le nom de Crag noir.

Les intéressantes données acquises en ces dernières années sur la répartition et sur les associations rhizopodiques de l'Oligocène et du Miocène (petites Nummulites oligocènes, Lépidocyclines, Orbitoïdes Orthophragmia), qui sont à ces horizons ce que les Nummulites sont

à l'Éocène, sont soigneusement fournies par l'auteur et étendues aux dépôts tertiaires correspondants des contrées les plus lointaines, dont le synchronisme à distance s'est trouvé, depuis peu, singulièrement facilité par l'étude de ces intéressants micro-organismes, qui d'ailleurs se réclament de la loupe plutôt que du microscope.

Le Pliocène, avec ses trois grands étages : Plaisancien, Astien et Sicilien, et enfin le Pleistocène, clôturent le livre II de la deuxième partie du *Traité de Géologie*.

Ce tout dernier chapitre du Quaternaire aurait pu réclamer plus que les trois pages d'augmentation qui lui sont consacrées. On est un peu surpris de n'y trouver mention ni des industries *éolithiques* ni des thèses nouvelles relatives au Quaternaire qui, en Belgique notamment, ont été l'objet d'élaborations consciencieuses et toutes spéciales, dont on peut discuter encore certaines parties, mais dont l'ensemble a pris, dans les acquisitions et les progrès de la science, une place et une importance dont le lecteur du *Traité de Géologie* ne pourra guère se douter, alors qu'au loin, et de toutes parts, de multiples confirmations paraissent réclamer en faveur de ces vues, ou tout au moins de leur discussion impartiale, un exposé qui fait défaut ici.

La faute en est peut-être due principalement à l'influence, restée trop prépondérante parmi les géologues français, des idées et des bases de classification défendues, avec plus d'opiniâtreté que de raison, par l'École géologico-anthropologique dont G. de Mortillet fut le chef.

Le livre troisième de la seconde partie du *Traité* est consacré aux roches éruptives et aux gîtes minéraux et métallifères, et il est enrichi de cinq pages d'augmentation totale. Le livre quatrième comprend l'orogénie d'abord, puis l'exposé des théories orogéniques. Ici huit et treize pages d'augmentation sont venues respectivement s'ajouter aux textes précédents de la quatrième édition. Mais il y a mieux que de simples augmentations de texte. Dans l'exposé orogénique et des phénomènes tectoniques de l'édition précédente, il n'y avait que deux chapitres consacrés, l'un à l'étude des dislocations de la croûte terrestre, l'autre à la classification systématique et à la théorie des accidents orogéniques. Dans l'exposé actuel, les faits sont mieux classés et coordonnés : ils sont groupés en quatre chapitres, consacrés successivement aux éléments de l'analyse des dislocations terrestres, aux dislocations alpines (et l'on voit d'ici l'intérêt tout spécial de ce chapitre tout neuf), à une étude des types divers des régions disloquées et enfin à une brillante synthèse de l'évolution du relief terrestre. Ce mode de présentation des données de l'orogénie terrestre a permis de

réduire utilement de huit pages cet exposé et d'en accorder, avec des éléments iconographiques nouveaux, treize de plus à la deuxième section de ce livre final, consacrée aux *théories orogéniques* et aux *hypothèses géogéniques* dont l'évolution a présenté, dans ces dernières années, une si importante et si large portée générale.

Dans la quatrième édition du *Traité*, les nombreuses mappemondes figurant l'ensemble des répartitions marines et continentales pendant les grandes époques de l'histoire de la Terre étaient constituées par de simples *planisphères*, qui avaient l'inconvénient grave de déformer considérablement la représentation des contrées qui, comme la zone tempérée froide septentrionale, constituent un domaine si familier au géologue, grâce à l'accumulation des données fournies par elles.

L'auteur a adopté pour les vingt-deux mappemondes de sa cinquième édition un autre mode de représentation : celui employé avec succès dans l'Atlas physique de Berghaus et qui a l'avantage de concentrer pour ainsi dire *dans un seul hémisphère* la terre ferme presque tout entière.

Mentionnons, pour finir, les soins tout particuliers donnés au *Lexique alphabétique*, si utile pour faciliter les recherches. Il comprend six mille deux cents noms et vingt-deux mille renvois de pages. Quant aux références bibliographiques qui émaillent tout le cours de l'ouvrage, elles sont au nombre respectable de six mille.

Pour ce qui concerne la refonte et revision iconographique, on jugera de son importance en apprenant que sur huit cent quatre-vingt-trois figures, il en est *cent* nouvelles.

Signaler l'apparition d'un pareil livre est pour celui qui en est chargé un plaisir encore plus qu'un devoir!

ERNEST VAN DEN BROECK.

SÉANCE MENSUELLE DU 21 NOVEMBRE 1905.

Présidence de M. **Ad. Kemna**, *président*.

La séance est ouverte à 8 heures 40. (38 membres sont présents.)

Correspondance :

M. le *Secrétaire général* a reçu personnellement une lettre du *Comité d'organisation du Congrès géologique de Mexico*, lui demandant si la Belgique serait disposée à être proposée comme siège du Congrès en 1912 ou, éventuellement, en 1909. La même lettre a été adressée à M. G. Dewalque, malheureusement décédé, ainsi qu'à MM. Lohest et Mourlon.

En faisant ressortir l'importance de cette lettre, M. le Secrétaire général dit que l'organisation d'une session du Congrès géologique est une œuvre de longue haleine, et qu'il y a lieu d'examiner attentivement cette proposition au sein de la Société; le généreux concours du Gouvernement doit être demandé également. L'honneur pour les géologues belges serait grand, et il est à souhaiter que la Belgique accepte en principe; il y aurait peut-être lieu de mettre la question à l'ordre du jour de l'assemblée générale annuelle.

M. *Alfred Castaigne* envoie, à charge de compte rendu, un exemplaire du *Guide du sondeur au pétrole* de M. Petit. M. Lucas accepte de faire ce travail.

La maison Schleicher frères, de Paris, envoie le *Manuel de recherches préhistoriques* publié par la Société préhistorique de France. M. V. Jacques a bien voulu se charger d'en faire le compte rendu. (Voir *ante.*)

La *baronne de Richthofen*, veuve de l'illustre professeur, remercie des condoléances que la Société lui a adressées.

M. *le professeur Dubois* annonce qu'il a envoyé à M. Rutot une communication en réponse à celle de M. *J. Lorié*, communication qu'il désire présenter en même temps que cette dernière.

L'assemblée décide de l'inscrire à l'ordre du jour.

La direction scientifique du journal *La Nature* demande la collaboration du monde scientifique belge; elle nous transmet une circulaire

relative aux conditions s'appliquant aux articles à lui soumettre, document que le Bureau tient à la disposition de ceux qui voudraient répondre à cet appel.

M. le lieutenant-colonel du génie *Pittoors* demande s'il ne serait pas possible d'avancer notablement l'heure des séances, de façon à permettre aux membres habitant la province d'y venir plus régulièrement. Comme suite à ce vœu, M. le docteur *Jacques* propose de fixer quelques séances à 4 $^1/_2$ heures. M. *Rutot* fait observer que cette heure a déjà été essayée et qu'il a fallu y renoncer à cause du peu de succès de la mesure. La question sera éventuellement soumise à l'assemblée générale, ou tout au moins au Conseil.

M. le professeur *Schardt* a envoyé une « Note sur l'origine de la source de la Doux et de celle de la Noiraigue », qui est inscrite à la suite de l'ordre du jour.

M. le Bibliothécaire de la « Technische Hoogeschool » de Delft demande à recevoir certains numéros du *Bulletin* de notre Société, pour compléter la collection qu'elle a reçue de feu le professeur Schroeder van der Kolk, en échange desquels il offre les *Annales de l'Académie*, tomes I à VIII (série complète).

Dons et envois reçus : 1° De la part des auteurs :

4797. **Leriche, M.** *Observations sur Ostrea heteroclita Defrance.* Lille, 1905. Extrait in-8° de 5 pages et 1 planche.

4798. **Leriche, M.** *La « Zone à Marsupites » dans le Nord de la France.* Lille, 1905. Extrait in-8° de 2 pages.

4799. **Loewinson-Lessing, F.** *Notiz über Umformung von Krystallen unter Druck.* Saint-Pétersbourg, 1905. Extrait in-8° de 7 pages et 1 planche.

4800. **Loewinson-Lessing, F.** *Ueber Klassifikation und Nomenklatur der zur Formation der kristallinischen Schiefer gehörigen Amphibolgesteine.* Berlin, 1905. Extrait in-8° de 5 pages.

4801. **Jeremina, E.**, und **Loewinson-Lessing, F.** *Beiträge zur Petrographie der Mugodjaren.* Saint-Pétersbourg, 1905. Extrait in-8° de 52 pages et 6 planches.

4802. **Petit, V.** *Guide du sondeur au pétrole. Géologie appliquée.* Bruxelles, 1905. Volume in-8° de 107 pages, 8 planches et 15 figures.

4803. **Sacco, F.** *Liste de ses publications de 1884 à 1904.* Turin, 1905. Brochure in-8° de 7 pages.

4804. **Sacco, F.** *Sopra un Pereiraia del Miocene della Sardegna.* Pérouse, 1905. Extrait in-8° de 1 page.

4805. **Sacco, F.** *Fenomeni stratigrafici osservati nell' Appennino settentrionale e centrale.* Turin, 1905. Extrait in-8° de 15 pages et 5 planches.

4806. **Sacco, F.** *Lenti grafitiche nella zona delle Pietre Verdi in Val di Lanzo.* Turin, 1904. Extrait in-8° de 7 pages.

4807. **Sacco, F.** *Il futuro Valico Ferroviario attraverso l'Appennino Genovese.* Pérouse, 1905. Extrait in-8° de 19 pages et 1 carte.

4808. **Sacco, F.** *Il Piacenziano sotto Torino.* Rome, 1905. Extrait in-8° de 7 pages.

4809. **Sacco, F.** *Collezione petrografica Cossa.* Turin, 1905. Brochure in-8° de 4 pages.

4810. ... *Uebersichtskarte der Eisenerzfelder des Westlichen Deutsch-Lothringen.* Strasbourg, 1905. Échelle du 80 000ᵉ. 1 feuille avec texte.

4811. **Kjerulf, Th.**, og **Dahll, T.** *Geologisk Kart over det Söndenfjeldske Norge. I. Christiania og Hamars Stifter.* Christiania, 1858-1865. Échelle du 400 000ᵉ. 6 feuilles.

4812. **Dahll, T.**, og **Kjerulf, Th.** *Geologisk Kart over det Söndenfjeldske Norge. II. Christiansands Stift.* Christiania, 1858-1865. Échelle du 400 000ᵉ. 4 feuilles et 1 feuille de légende.

4813. ... *Carte géologique de la Russie d'Europe éditée par le Comité géologique de Saint-Pétersbourg.* Saint-Pétersbourg, 1892. Échelle du 2 500 000ᵉ. 6 feuilles.

4814. **Meugy, M.-A.** *Carte géologique des arrondissements de Valenciennes, Cambrai et Avesnes (département du Nord), faisant suite à celle de la Flandre française, exécutée sur le plan topographique du dépôt de la Guerre.* Paris, 1860. Échelle du 80 000ᵉ. 2 feuilles et 1 coupe.

4815. **Böckh, Joh.**, und **Gesell, A.** *Angabe der im Betrieb stehenden und im Aufschlusse begriffenen Lagerstätten von Edelmetallen, Erzen, Eisensteinen, Mineralhohlen, Steinsalz und anderen nutzbaren Mineralien auf dem Territorium der Länder der Ungarischen Krone.* Budapest, 1898. Échelle du 900 000ᵉ. 2 feuilles.

4816. **Schumacher, E.** *Geologische Karte der Umgegend von Strassburg mit Berücksichtigung der agronomischen Verhältnisse.* Strasbourg, 1883. Échelle du 25 000ᵉ. 1 feuille.

4817. ... *Manuel de recherches préhistoriques.* Paris, 1906. Vol. in-12 de 332 pages, 205 figures et plusieurs tableaux. (Édité par la *Société préhistorique de France.*)

4818. **Cayeux, L.** *Nouvelles observations critiques sur la constitution et l'analyse minéralogique de la terre arable.* Paris, 1905. Extrait in-8° de 3 pages.

4819. **Cayeux, L.** *Constitution de la terre arable. Du rôle de l'analyse minéralogique dans l'analyse des terres.* Lille, 1905. Extrait in-8° de 29 pages.

4820. **Cayeux, L.** *Structure d'une Itacolumite très flexible du Brésil.* Paris, 1905. Extrait in-8° de 2 pages.

4821. **Cayeux, L.** *Les minéraux des eaux de sources de Paris.* Paris, 1905. Extrait in-4° de 3 pages.

4822. **Cayeux, L.** *Existence d'une faune saumâtre dans les sables de l'argile plastique d'Issy (Seine).* Paris, 1905. Extrait in-4° de 2 pages.

4823. **de Lapparent, A.** *Les nouveaux aspects du volcanisme.* Louvain, 1905. Extrait in-8° de 22 pages.

4824. **Teubner, B. G.** *H. Wieners Sammlung Mathematischer Modelle.* Leipzig, 1905. Extrait in-8° de 28 pages et 25 figures.

2° Nouveaux périodiques :

4825. MEXICO. *Sociedad geologica Mexicana.* Boletin I (1905).

4826. CHAMBÉRY. *Société d'Histoire naturelle de Savoie.* Bulletin : I (1894) à III (1896); VIII (1902), IX (1903).

4827. PADOVA. *Accademia scientifica Veneto-Trentino-Istriania.* Atti : I (1904), 1°.

Décès.

M. le *Président* a le regret de faire part à la Société du décès de M. **Eugène Risler**, directeur honoraire de l'Institut national agronomique de France, membre honoraire et fondateur de notre Société. (Condoléances.)

Présentation et élection de nouveaux membres :

Sont présentés et élus par le vote unanime de l'assemblée :

En qualité de membres effectifs :

MM. H. MICHEL, propriétaire, 26, rue du Nord, à Bruxelles.
J. DUVIGNEAUD, étudiant à l'Université de Louvain, 18, place Lehon, à Schaerbeek.
EXSTEENS, fils, 21, rue de Loxum, à Bruxelles.

En qualité de membre associé régnicole :

M. POL MOUTON, 70, rue du Président, à Ixelles.

Vœu à émettre au sujet de la publication d'une nouvelle carte géologique de Belgique à l'échelle du 160 000e.

La parole est donnée à M. le *baron L. Greindl*, chargé de présenter un rapport sur cette question.

Dans la séance de juillet, M. Mourlon, notre distingué confrère, nous a demandé d'appuyer d'un vœu formel auprès du Gouvernement l'impression de la carte au 160 000e, dont il venait de faire achever une épreuve manuscrite. Cette importante question n'était pas à l'ordre du jour, et peu d'entre nous avaient vu cette carte; quelque bien que nous en augurions, il nous était difficile de nous prononcer avec force.

M. Rutot, dans cette séance de juillet, a préconisé l'échelle du 100 000e, incomparablement plus commode comme échelle et très maniable; nous croyons préférable de ne pas faire de proposition subsidiaire de ce genre, parce que cela pourrait faire remettre la question à l'étude ; l'Institut cartographique militaire n'est pas prêt pour l'impression de la carte complète topographique au 100 000e ; dès lors, la nouvelle carte géologique serait retardée. Une autre considération très importante est le prix beaucoup plus élevé qu'atteindrait la nouvelle carte complète à cette échelle, ce qui nuirait fortement à sa vulgarisation.

Il nous semble que la publication de la nouvelle carte s'impose au double point de vue de l'usage industriel et de l'enseignement. Elle constitue le complément indispensable des feuilles au 40 000e que l'on achète isolément, mais sur lesquelles figure une portion de territoire trop exiguë pour qu'on en saisisse facilement les allures; à ce point de vue, on peut donc la considérer comme un tableau d'assemblage, à grande échelle, et sur lequel on a eu soin de repérer les planchettes.

Au point de vue de l'enseignement, l'existence de la nouvelle carte permettra de ne plus établir la corrélation entre les subdivisions faites par Dumont et celles en usage actuellement, corrélation qui constituait un effort de mémoire supplémentaire pour les étudiants. Nous croyons qu'elle suffirait aux jeunes gens comme guide d'excursion, les élèves notant les observations sur des cartes au 20 000e en noir; pour peu qu'ils excursionnent, les étudiants trouveraient une économie à posséder la nouvelle carte, au lieu d'épuiser quelques feuilles au 40 000e, comme ils l'ont fait actuellement.

Voyons maintenant les progrès remarquables réalisés par la nouvelle carte d'ensemble que nous avons eue sous les yeux par rapport à la

carte du sous-sol de Dumont, dont le manuscrit date de 1849, mais qui ne fut publiée, croyons-nous, qu'en 1856. Tout d'abord, il nous semble remarquable qu'à cette échelle réduite, on soit parvenu à tripler environ le nombre des subdivisions; la carte de Dumont comportait quarante-quatre teintes différentes; la carte nouvelle en a quatre-vingt-douze et sépare par des liserés les assises de certains étages, de sorte que l'échelle comporte le chiffre énorme de cent vingt indications stratigraphiques.

Nous signalerons ensuite l'avantage de posséder une carte avec fond topographique mis à jour; la carte de Dumont était établie sur la carte de l'établissement Vander Maelen; elle ne porte aucune courbe hypsométrique; de nombreuses voies ferrées nouvelles, routes, chemins, tous excellents repères, ont été créés depuis lors, et à ce point de vue seul le renouvellement s'impose.

M. le Directeur du Service géologique nous demande gracieusement à tous d'indiquer les améliorations que nous croyons pouvoir être encore apportées à sa carte.

Déjà M. le professeur Lohest lui a signalé qu'il conviendrait d'éclaircir les teintes des terrains tertiaires, afin de faire nettement saisir à distance la différence entre le Primaire et le Tertiaire. Comme carte murale d'enseignement, il convient que la carte ait des teintes vives; cependant, nous voudrions voir éclaircir notablement toutes les teintes, afin de rendre plus aisée la lecture topographique, au point de vue de l'usage sur le terrain. La carte de Dumont donnait une gamme de teintes parfaite, tandis que la tendance actuelle à la vigueur des couleurs risque fort de masquer absolument le fond de la carte; tel serait, croyons-nous, le cas pour les subdivisions du Silurien inférieur, du Tournaisien inférieur, du grès de Virton et surtout de l'étage montien.

Au point de vue de l'enseignement, nous formulerons encore deux vœux : le premier est de voir adjoindre en marge de la carte une ou deux coupes géologiques, comme l'a fait M. le professeur Lohest dans sa carte publiée en 1904 à la Société géologique de Belgique; sans beaucoup exagérer l'échelle des hauteurs, il serait possible de tracer ces coupes, qu'il ne serait pas nécessaire de mettre en couleur, et où les pendages seraient indiqués; le second est de voir continuer en noir, un peu au delà de nos frontières, les tracés géologiques; le tableau d'assemblage publié par Dumont au 800000e l'avait fait; ce ne serait pas une difficulté sérieuse de mettre ce travail à jour, d'après les cartes étrangères.

Tels sont les desiderata que nous croyons pouvoir émettre ; votre expérience en suggérera sans doute d'autres encore ; cependant, nous ne pensons pas qu'il y ait lieu de retarder pour cela le vœu à adresser au Gouvernement, vœu dans lequel nous voudrions voir insérer explicitement la demande d'un subside généreux de l'Administration des Mines, afin de mettre cette belle carte à portée de toutes les bourses. La carte de Dumont coûtait 40 francs ; il faudrait que la nouvelle fût moins chère encore ; un pays s'enrichit en vendant ses cartes à perte.

Si cette solution était jugée inacceptable, peut-être pourrait-on mettre également en circulation une carte non teintée, dont le prix modeste pourrait se rapprocher de celui de la carte topographique en noir.

M. *Rutot* voudrait faire une simple remarque : les affleurements du Montien sont si peu étendus qu'il y a avantage à les accentuer très fortement.

M. *Van Meurs* demande s'il ne serait pas possible d'abaisser le prix de la carte par l'augmentation du chiffre du tirage.

M. *Greindl* répond que, d'après les renseignements qu'a bien voulu lui donner le directeur de l'Institut cartographique militaire, le débit normal, en Belgique, d'une carte géologique ne peut guère dépasser un millier d'exemplaires.

L'assemblée adopte, à l'unanimité, les conclusions du rapport, et charge le Bureau d'adresser un vœu au Gouvernement.

Communications des membres :

M. *Duvigneaud* exhibe une série de splendides fossiles qu'il a recueillis près de Neufchâteau, au sujet desquels il fait la communication préliminaire ci-dessous :

Note sur le gisement fossilifère des Blancs Cailloux.

A l'endroit dit « les Blancs-Cailloux-Roivaux », à mi-chemin de Neufchâteau à Petitvoir, il existe un gisement fossilifère ; on y trouve abondamment divers *Spirifer* du sous-genre *Paradoxus :* citons le *paradoxus* type, un *Spirifer* que je crois être l'*Hercyniae*, et un grand *Spirifer* dont je n'ai vu la description dans aucun traité ; l'échantillon que je possède mesure 20 centimètres de longueur sur 3 centimètres de largeur ; il est très bombé.

Citons aussi des *Chonetes*, des *Orthis*, des *Pachypora* et un grand lamellibranche à oreillette.

La présence en cet endroit du *Spirifer paradoxus* proprement dit contrarie les idées généralement adoptées, qui veulent que ces terrains ne soient pas postérieurs à ceux que caractérise le *Spirifer primævus*, à l'exclusion du *paradoxus* proprement dit; on les croit ou Siegeniens ou même Gediniens; ils sont Emsiens; il en est de même des terrains situés plus à l'Est (terrains de Neufchâteau), si l'on admet que, en allant vers l'Est, on rencontre des formations toujours plus jeunes.

J'ai trouvé les fossiles en question dans le massif compris entre le ruisseau de Tournai et la route de Neufchâteau à Bertrix; le sol y est composé de quartzophyllades d'autant plus altérés qu'on se rapproche davantage du chemin de terre qui va de Tournai à Warmifontaine; là, les quartzophyllades passent à un sable rouge, terreux, dans lequel des fosses ont été ouvertes dernièrement; les fossiles s'y rencontrent, altérés, à l'état d'empreintes sur les pierres que l'on trouve dans les parois de la fouille.

Les quartzophyllades du massif contiennent de très belles empreintes; on en rencontre beaucoup dans deux anciennes fosses ouvertes pour la bâtisse; l'une d'elles est située dans un bosquet au bord de la route; l'autre, près du ruisseau, est distante de la première d'un demi-kilomètre.

Je me propose d'étudier ce gisement remarquable par l'abondance et les dimensions des fossiles qu'il contient; certains *Spirifer* sont très allongés; il ne m'en a pas été signalé de plus longs.

Il est à noter que les fossiles sont très rares dans cette partie du pays et que l'âge des formations qui entourent Neufchâteau a toujours été très discuté.

Les quais d'Anvers. (Suite de la discussion ouverte à la séance du 17 octobre.)

Sous le titre qui précède, M. Cl. van Bogaert fait la communication suivante :

Dans la dernière séance, quelques membres ont commencé la discussion de la question, toute d'actualité, des mouvements qui se sont produits dans certaines parties des murs de quai de l'Escaut à Anvers. Je ne connais la discussion que par un compte rendu du *Petit Bleu*, et s'il est exact, les explications données, entre autres par M. Simoens, sur les causes des mouvements des quais, sont tout à fait erronées.

Voici, par ordre de date, les divers mouvements qui se sont produits dans les murs de quai :

Le premier mouvement s'est produit en 1883 (fig. 1, en *1*); une marée haute extraordinaire avait atteint la cote 6^{m}80, et la tablette du

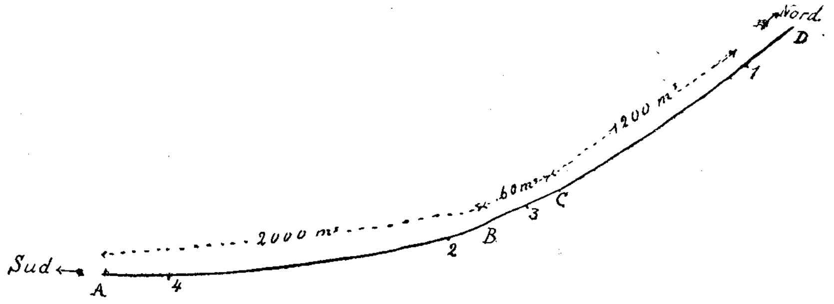


Fig. 1. — PLAN SCHÉMATIQUE DES POINTS OÙ SE SONT PRODUITS DES MOUVEMENTS DANS LES QUAIS D'ANVERS.

AB est le nouveau mur de quai; *BCD* le mur de quai commencé en 1878 et achevé en 1882.

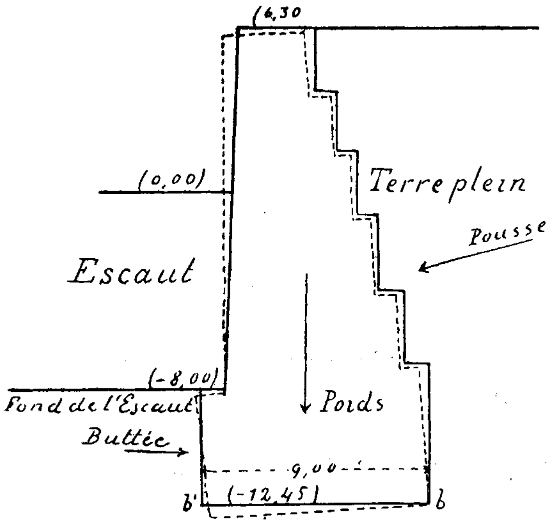


Fig. 2. — PROFIL DU MUR DE QUAI.

quai n'étant à cette époque qu'à la cote 6^{m}50, les eaux de l'Escaut s'étaient répandues sur le terre-plein des quais et avaient pénétré en certains endroits dans les remblais derrière les murs, augmentant ainsi la poussée des terres et occasionnant au point *1* une légère

rotation du mur autour de son arête intérieure *b*; l'arête extérieure *b'* s'était enfoncée de quelques centimètres. Cet accident n'eut aucune suite; on releva les tablettes du quai à la cote 6m80.

Au point *1*, le fond de l'Escaut se compose de sable vert compact, et l'argile plastique de Boom ne se rencontre qu'à la cote — 17m50, soit environ à 5 mètres sous la fondation du mur; le niveau de l'argile se relève vers le Sud et atteint la cote — 10 mètres au point *B* (fig. 1); le nouveau mur *AB*, qui est fondé à la cote — 12 mètres, est donc complètement dans l'argile de Boom.

Le deuxième mouvement se produisit au point 2, il y a six ou sept ans, pendant la construction même du mur de quai *AB*; ce fut un glissement vers le fleuve; on put l'enrayer en déblayant les terres humides jetées derrière le mur, en les remplaçant par des plateformes en fascinages, des moellons et du sable et en exécutant des drainages; on réduisait ainsi la poussée.

Le troisième mouvement eut lieu au mois d'octobre dernier, au point 3; c'était le mur construit de 1878 à 1882 qui fit un mouvement de bascule analogue à celui du mur au point 1, suivi d'un mouvement de glissement vers l'Escaut. On déblaya les terres derrière le mur et le mouvement s'arrêta.

Enfin le quatrième mouvement se produisit, il y a cinq semaines, au point 4; ce fut un glissement sans rotation, comme le deuxième. Le mouvement s'arrêta après le déblai des terres derrière le mur.

Les deux derniers mouvements causèrent dans le monde commercial anversois et dans tout le public une émotion d'autant plus légitime qu'on pouvait se demander si la stabilité des murs de quai de l'Escaut tant anciens que nouveaux n'était pas définitivement compromise.

Dans ce qui va suivre, nous allons tâcher de découvrir les causes des mouvements constatés, et sans entrer dans trop de détails techniques et surtout de calculs et de formules, nous rappellerons brièvement à quelles conditions doit satisfaire un mur de quai pour être stable.

1° Si la résultante de toutes les forces qui agissent sur le mur : poids du mur et des terres sur les gradins d'arrière, poussée des terres, buttée, poussée de l'eau, passe *hors de la base* du mur, le mur se renverse, quelle que soit la nature du terrain sur lequel il est bâti.

Pour tous les murs de quai d'Anvers, cette résultante passe dans la base du mur, il n'y a donc aucun danger de renversement.

2° Si la résultante de toutes les forces qui agissent sur le mur passe dans la base du mur, à un tiers de l'arête extérieure, soit à 3 mètres de l'arête *b'* (la distance *b'b* étant de 9 mètres), la pression du mur sur sa

base de fondation par unité de surface en *b'* sera le double de ce qu'elle serait si la résultante passait à $4^{m}50$ de *b'*, soit au milieu de *bb'*.

Supposons un mur prismatique de 20 mètres de hauteur, de 10 mètres d'épaisseur et pesant 2 000 kilogrammes par mètre cube. Le poids réparti uniformément sur la base du mur sera exactement de 4 kilogrammes par centimètre carré; mais si nous introduisons une poussée horizontale, par exemple, au tiers de la hauteur du mur et de grandeur telle que la résultante de cette poussée et du poids passe à 3 mètres du point *b'*, la charge par centimètre carré en *b'* deviendra 8 kilogrammes, et elle sera nulle en *b*.

Quand on fait les calculs des anciens murs de quai d'Anvers d'après les méthodes généralement suivies, on trouve que la résultante de toutes les forces agissant sur le mur coupe la base de fondation à environ 3 mètres du point *b'*, et d'après la hauteur totale du mur, qui varie de 17 à 21 mètres, la pression exercée par centimètre carré sur l'arête *b'* varie respectivement de $4^{k}5$ à 8 kilogrammes; dans ce calcul, on suppose que le talus naturel des terres derrière le mur est de 35° et que la pression de l'eau est la même de part et d'autre du mur; la première de ces deux hypothèses varie avec la nature des terres de remblai : il y a donc une certaine indétermination dans le résultat du calcul; la deuxième n'est pas tout à fait exacte, attendu que le niveau de l'eau derrière le mur se maintient à la cote 3 (à quelques centimètres près) quel que soit l'état de la marée; à marée basse, il y a donc une poussée plus grande derrière le mur que devant, et cette poussée supplémentaire a pour effet de rapprocher la résultante des efforts de l'arête *b'* et d'augmenter le taux de travail de $4^{k}5$ et de 8 kilogrammes trouvé par le calcul.

3° La force qui s'oppose au glissement du mur sur sa base, glissement provoqué par la poussée des terres et la poussée de l'eau derrière le mur, doit être contrebalancée par la buttée des fondations contre le terrain, la poussée de l'eau contre la face vers l'Escaut et le frottement des fondations contre le terrain; dans les argiles plastiques, le coefficient de frottement est de $0^{m}30$ environ, mais il peut devenir nul si les argiles sont mouillées, et il est de $0^{m}70$ pour les sables.

Ici, encore une fois, il y a une indétermination pour le coefficient de glissement sur les argiles, et on ne peut faire que des calculs exacts sur des hypothèses fausses.

Ces principes étant rappelés, il sera aisé d'expliquer les causes des mouvements qui se sont manifestés aux quatre endroits dont il a été question plus haut.

I. En ce point, le mur est fondé sur du sable compact, qui peut supporter 8 kilogrammes environ par centimètre carré à cette profondeur; mais ce dernier chiffre est une limite extrême; au delà le sable se comprime en se déformant; il a suffi de la petite poussée supplémentaire produite par l'infiltration d'eau lors de l'inondation de 1883 pour atteindre sur l'arête une pression d'environ 8 kilogrammes par centimètre carré; il est à remarquer qu'à ce moment la profondeur d'eau devant le mur à marée basse était de 10 mètres; on a augmenté la buttée et, par suite, ramené la résultante vers *b* en remblayant le creux devant le mur au moyen de moellons.

II et IV. Ces deux cas sont identiques : le mur a glissé horizontalement sans déformer, dans le sens vertical, le terrain d'argile plastique sur lequel il était fondé; dans le profil du nouveau mur, on avait eu soin de prévoir une très large saillie des fondations vers la rivière, de manière à ne pas dépasser, pour la pression par centimètre carré, le taux de 4 kilogrammes par centimètre carré à la cote — 12, niveau de la fondation de ce mur.

Le taux de compression limite que peut supporter l'argile est d'environ 6 kilogrammes par centimètre carré; à 6 $^1/_2$ kilogrammes, l'argile de Boom et l'argile de Londres (analogue) commencent et continuent à se déformer; les ouvrages de la Tamise reportent sur le sol des fondations de 4 à 5 kilogrammes et même un peu plus; ces ouvrages se sont bien comportés. Certains auteurs conseillent de ne pas dépasser $2^{kg}5$ sur l'argile; mais il y a argile et argile.

Il résulte d'expériences faites par les ingénieurs chargés du service spécial de l'Escaut, que l'argile de Boom est au moins aussi résistante à la compression que l'argile de Londres. Le mur doit donc avoir glissé sur sa base d'argile parce que celle-ci s'est mouillée par l'infiltration des eaux du fleuve le long de la paroi verticale du caisson de fondation.

Il est à remarquer que la construction du mur de quai a fait l'objet d'un concours entre constructeurs-entrepreneurs et ceux-ci proposent naturellement les murs les plus économiques, et les plus faciles à exécuter pour arriver au plus bas prix et voir leur soumission approuvée.

Le drainage effectué derrière le mur à la suite de l'accident II a été efficace, en ce sens qu'il a abaissé le plan d'eau derrière le mur à la cote 1^m30, alors qu'il est à la cote 3 derrière l'ancien mur, où aucun drainage n'a été fait.

III. La fondation du mur à l'endroit où l'accident s'est produit se

trouve à la cote — 10^{m}35, et le niveau de l'argile de Boom est à la cote — 11.

Nous avons vu précédemment que pour ce profil de mur (ancien), le taux de compression sur la base dépassait 4^{kg}5 à cause du niveau d'eau à la cote 3 derrière le mur. Jusqu'en ces derniers temps, cette partie de mur n'était déblayée que jusque la cote — 5 environ; le dragage de 2 mètres environ de la buttée a augmenté légèrement le taux de compression sur la base du mur; l'eau de l'Escaut a aussi pu pénétrer à travers la couche de sable de 4 mètres environ qui surmonte encore l'argile de Boom et l'humecter plus ou moins de manière à réduire encore le coefficient limite de compression de l'argile; ce coefficient limite a été atteint et dépassé, et le mur s'est incliné en tournant autour de l'arête *b*; la poussée a augmenté par suite de ce léger mouvement initial du mur, et celui-ci s'est mis à glisser, avec la faible couche de sable sous-jacent, sur l'argile.

On peut conclure de là que si l'on n'approfondit pas l'Escaut le long des murs anciens (et il n'y a aucune raison pour faire cela), ces murs, fondés sur le sable, ne courent aucun danger, sauf dans les derniers 60 mètres au Sud, où les fondations ne s'élèvent qu'à quelques centimètres au-dessus de l'argile de Boom; en cet endroit, on fera probablement diminuer la poussée en drainant et on augmentera la buttée, diminuée par drainage, en remplaçant le sable par des matériaux de grande densité. Le même remède sera vraisemblablement appliqué aux nouveaux quais; mais cela n'est qu'une question technique et non géologique ni hydraulique.

En tous cas, l'hypothèse émise par M. Simoens que les fondations de sable sous le mur auraient été entraînées par foirage, les eaux derrière le mur passant sous sa base à marée basse, n'est pas admissible, car si cette hypothèse était vraie, ce seraient les murs sur fond de sable qui auraient dû se mouvoir; puis il y aurait des sous-pressions à la base du mur; si ces sous-pressions existaient réellement, les murs de quai auraient tourné autour de leur arête vers la rivière et se seraient écroulés depuis longtemps, la résultante des efforts passant, en admettant cette hypothèse, hors de la base du mur.

M. le *Président*, à titre de renseignement, ne croit pas inutile d'ajouter qu'à l'endroit où s'arrêtent les glissements des murs de quai d'Anvers, il existe deux culées qui ont été foncées en vue du pont prévu autrefois sur l'Escaut.

D'une discussion d'ordre technique, à laquelle prennent part MM. Rabozée, Cuvelier, Mathieu et Van Bogaert, il résulte que les accidents

des murs de quai d'Anvers sont surtout de la compétence des ingénieurs et qu'il n'y a pas lieu d'en continuer la discussion à la Société.

M. *Bruneel* exprime l'étonnement que lui a causé la lecture, dans le journal *Le Petit Bleu*, d'un compte rendu de la dernière réunion de la Société, compte rendu qu'il a de sérieuses raisons de croire exact, au moins quant au fond.

En relevant le caractère anormal d'une telle publication, il déclare en même temps que les observations que, d'après le compte rendu, M. Simoens aurait présentées quant à la Jonction des gares du Nord et du Midi, à Bruxelles, sont dénuées de fondement.

M. Simoens aurait rappelé qu'il a mis en garde les constructeurs de la Jonction contre des accidents semblables à ceux qui se sont produits à Brüx, en Bohême, le sol de la capitale belge pouvant présenter les mêmes dangers.

La catastrophe de Brüx, que M. Simoens rappelait en séance du 30 avril 1901, s'est produite dans des travaux miniers profonds, qui ont été envahis par des sables boulants, sollicités par des masses puissantes d'eaux souterraines.

Pour que de pareils accidents fussent à redouter à Bruxelles, il faudrait que les travaux de la Jonction allassent atteindre ces terrains boulants jaillissants, toujours situés à profondeur plus ou moins grande. Rien de semblable n'est à craindre, le tunnel devant s'établir à très faible profondeur sous le niveau des rues. Les nombreux sondages faits sous la direction d'une Commission spéciale, composée de géologues dont les noms font autorité, ont fait constater, dans les couches où se creusera le tunnel, l'absence de terrains boulants. Si, en quelques points, il a été constaté des parties de terrains humides, celles-ci sont heureusement constituées de sables purs, bruxelliens, campiniens ou ypresiens de la zone supérieure, sables dont le drainage préalable sera aisé et qui constitueront, après drainage, de bons terrains de construction.

A-t-on d'ailleurs jamais creusé de tunnels qui n'aient rencontré aucune nappe aquifère, et les nombreux kilomètres de tunnels creusés à Paris, pour le Métropolitain, n'ont-ils pas, en de multiples points, été construits dans la nappe des eaux souterraines.

Il semble, à lire les observations de M. Simoens, que l'étude géologique du terrain ait été négligée et que le Gouvernement et ses fonctionnaires marchent dans l'inconnu.

Or, dès les premières recherches, en 1893, les études ont porté,

avant tout, sur les conditions géologiques et hydrologiques du sous-sol, et c'est d'après les données de ces études que l'avant-projet a été dressé. M. Bruneel l'a déjà fait remarquer en séance de la Société, à la date du 16 mai 1899, en même temps qu'il annonçait la constitution prochaine, par le Gouvernement, d'une Commission de géologues éminents qui feraient l'étude du terrain dans tous ses détails, avant la rédaction des plans définitifs. Cette Commission, constituée en juin 1900, a déposé un rapport dont les constatations et les conclusions donnent la certitude que, moyennant les précautions qu'indique la connaissance approfondie du terrain, la construction des ouvrages peut se faire sans dangers et sans rencontrer les redoutables terrains boulants que M. Simoens évoquait en avril 1901 et encore dans la séance dernière. L'exemple cité de la catastrophe de Brüx n'est donc pas en situation dans l'espèce.

Dans un autre ordre d'idées, M. Simoens a émis l'avis que le phénomène de foirage a amené ce qu'il appelle les effondrements des quais d'Anvers. M. Van Bogaert a démontré qu'il n'en est rien.

Ce même phénomène, que M. Simoens signale comme un danger dans le travail de la Jonction, n'y est pas plus à redouter. Qu'on enlève, dit M. Simoens, le limon tapissant la vallée de la Senne et qui empêche aujourd'hui l'écoulement du sable, qu'on enlève ce limon sur une étendue assez considérable, et le foirage reprendra, ainsi que les affaissements.

M. Bruneel, après avoir indiqué, à grands traits, le tracé de la Jonction, fait ressortir que dans les parties du tracé situées dans la vallée de la Senne, la ligne sera en surélévation de 6 à 7 mètres au-dessus du terrain naturel, et que les travaux de la Jonction laisseront ainsi intactes les alluvions de la vallée. Ces travaux ne sauraient donc provoquer de nouveaux phénomènes de foirage du sable ypresien et avec eux des affaissements dans les coteaux de la vallée. Ces redoutables éventualités ne sont donc pas à craindre.

M. Simoens ayant, au cours de la discussion, reconnu que le compte rendu publié par le *Petit Bleu* avait été rédigé par lui-même, M. Bruneel signale combien ce fait est anormal dans les travaux des sociétés scientifiques. Il émet l'avis qu'il faut se garder de publier ainsi dans la presse quotidienne des comptes rendus qui répandent, dans un public déjà trop disposé à s'alarmer, des idées fausses sur la Jonction et des terreurs qui ne sont fondées sur rien et qui ne peuvent résulter que d'une conception inexacte, souvent même d'une ignorance absolue des conditions dans lesquelles se fera ce travail de si haute utilité publique.

M. le *Président* tient à signaler que la Société n'a encore publié aucun procès-verbal de la séance d'octobre; des articles de journaux n'engagent pas la Société; d'ailleurs, celui publié par le *Petit Bleu* n'est pas, tous les membres peuvent en témoigner, un compte rendu donnant la physionomie de la séance.

La communication de M. Simoens, qui s'est produite en fin de séance, a consisté en quelques mots, et M. le Président ne se souvient même pas qu'il ait été question du Métropolitain. Il ne doute pas que tous les membres ne soient également soucieux de l'excellent renom scientifique dont jouit la Société. L'autorité des avis exprimés dans son sein doit être maintenue; il est persuadé que la bonne volonté de tous continuera à s'y employer.

M. *Simoens* répond à MM. Van Bogaert et Bruneel et a fait parvenir la rédaction ci-dessous de son exposé :

G. Simoens. — **A propos des quais d'Anvers.**

A la séance du 17 octobre, lors de la discussion qui a suivi la communication de M. le docteur Van de Wiele sur l'affaissement des quais de la Métropole, j'ai pris la parole, après plusieurs membres, pour émettre de même mon avis sur cette intéressante question.

Ne voulant pas que mon opinion, qui était et reste nette, précise et formelle, pût être interprétée différemment, je l'insérai *in extenso* dans un communiqué au *Petit Bleu*. J'y formulai mon opinion, et, pour éviter toute équivoque (ce qui s'impose dans toute question de science), j'y joignis quatre schémas.

A la dernière séance, deux ingénieurs, MM. Van Bogaert et Bruneel, ont relevé mes idées émises dans le journal cité plus haut. Mais, comme les lecteurs de notre *Bulletin* ignorent le texte auquel répondent mes deux collègues, il est indispensable que je résume, tout au moins, mon opinion qui reste invariable et au sujet de laquelle je ne veux pas qu'il puisse exister la moindre équivoque.

Voici ce que disait le communiqué pour ce qui me concerne :

« M. le docteur G. Simoens, du Service géologique de Belgique, a fait observer qu'il existe une analogie frappante entre cette descente de quai et les phénomènes géologiques bien connus qui s'observent dans la vallée de la Senne à Bruxelles et dans les environs de cette ville »; puis, après avoir exposé en quoi consistait cette analogie, j'ai conclu ainsi : « M. Simoens a rappelé qu'il avait attiré autrefois l'at-

tention sur ce fait à l'occasion de la catastrophe de Brüx, en Bohême, et qu'alors il avait mis en garde les constructeurs du futur métropolitain bruxellois contre des accidents semblables, le sol de la capitale pouvant présenter les mêmes dangers », et je terminais ainsi : « A Anvers, on rencontre la même constitution lithologique qu'à Bruxelles, avec cette différence que le sable à nombreux moellons du Bruxellien est remplacé dans la Métropole par le formidable mur. Qu'a-t-on fait à Anvers? On a enlevé le limon protecteur qui empêchait le foirage et des effrondrements se sont produits; en conséquence, M. Simoens conclut que ce sont les dragages qui sont, dans le cas présent, la cause de l'affaissement du quai » Ces conclusions étant maintenant connues des lecteurs du *Bulletin*, on pourra comprendre la nature des objections qui y furent présentées.

Dans sa réponse, M. Van Bogaert veut bien reconnaître que les quatre accidents survenus aux quais peuvent se classer ainsi :

1° Les accidents I et III se sont présentés sous la forme d'un mouvement de bascule, suivi d'un glissement vers le fleuve;

2° Les accidents II et IV ne présentent qu'un glissement sans mouvement de bascule.

Il remarque, chose importante, que pour ces deux derniers le mur est bâti sur l'argile de Boom; il reconnaît, en outre, que dans les cas I et III il existe, entre l'argile de Boom et la base du mur, une couche de sable de 5 mètres d'épaisseur au point I et de $0^{m}65$ au point III. C'est de ce dernier point que j'ai parlé dans ma communication.

Il en résulte que les murs bâtis sur le sable se sont inclinés, puis qu'ils ont glissé. Les autres, bâtis sur l'argile, se sont contentés de glisser.

J'ai dit que c'était l'écoulement de la couche sableuse aquifère qui avait amené l'affaissement. J'ai identifié ce dernier aux descentes des paquets de Bruxellien des environs de Bruxelles, dus à l'écoulement ou foirage des sables sous-jacents vers la vallée de la Senne. L'analogie signalée par M. Van Bogaert entre les accidents I et III d'abord, II et IV ensuite, me confirme davantage dans ma manière de voir et me prouve une fois de plus que les mêmes causes produisent les mêmes effets.

Notre confrère nous a rappelé à quelles conditions doit satisfaire un mur de quai pour être stable et il nous a dit les cas d'ordre technique où cette stabilité est compromise. La dissertation de M. Van Bogaert reste absolument vraie. Personne ne songe à la contester, mais ces conditions, comme toutes les lois mathématiques, sont établies indé-

pendamment de toute une série de facteurs qui peuvent éventuellement se présenter.

Supposons qu'un tremblement de terre ravage la ville d'Anvers et endommage les quais. M. Van Bogaert dirait-il, ses formules à la main, que ce phénomène géologique n'a rien à voir dans l'accident parce que ses formules ne tiennent pas compte de ce facteur accidentel? Il en est absolument de même du foirage; ce facteur géologique particulier, et inconnu avant les travaux de M. Rutot, s'ajoute au problème et aux formules qui restent vraies. Mais, ce n'est pas parce qu' « on peut faire des calculs exacts sur des hypothèses fausses » et présentant fatalement dans leurs résultats certaines indéterminations, qu'on prouve qu'un facteur dont il n'a pas été tenu compte n'existe pas, étant données surtout l'analogie de certains résultats et l'existence dûment constatée dans le cas présent des phénomènes de foirage qu'aucun géologue n'oserait mettre en doute.

Aussi quand notre confrère nous dit qu'il n'y a là qu'une question technique et non géologique ni hydrologique, je ne puis le suivre, et je n'en veux pour preuve que le dragage qu'il invoque comme une des causes de l'accident et qui est la conclusion même de ma note. Je citerai de même l'influence du drainage reconnue par M. Van Bogaert, ce qu'avait bien mis en relief l'exposé initial de M. le docteur Van de Wiele sur la question.

En tous cas, dit M. Van Bogaert, l'hypothèse émise par M. Simoens, que les formations de sable sous le mur auraient été entraînées par foirage, les eaux derrière le mur passant sous sa base à marée basse, n'est pas admissible.

Je ferai remarquer que je n'ai jamais dit cela. J'ai admis que ce sable a foiré, non pas à cause de l'eau se trouvant derrière le mur, mais bien à cause de l'écoulement naturel de la nappe aquifère sableuse qui repose sur l'argile et qui reste un phénomène d'ordre général.

Il me reste à répondre à M. Bruneel : A la séance du 30 avril 1901, j'ai fait une communication à l'occasion de la discussion sur les sables boulants, et après avoir, en sept pages de texte (1), exposé les raisons scientifiques qui motivaient mon opinion, et sans avoir dans ces pages fait la moindre allusion à la jonction Nord-Midi, ce travail se termi-

(1) *Sur les relations existant, au point de vue des phénomènes dynamiques dus aux sables boulants, entre le sous-sol de Brüx, en Bohême, et celui de la ville de Bruxelles.* (Bull. de la Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol., t. XV, Procès-verbal, pp. 301 à 311.)

nait ainsi, comme en fait foi notre *Bulletin* : « Comme on le voit, il existe une grande analogie entre la disposition générale et le détail des couches aquifères de Brüx et de Bruxelles. Il existe une analogie non moins frappante entre les phénomènes dynamiques lents dus à l'écoulement des sables boulants de ces deux régions. Espérons que les travaux souterrains qu'on se propose de commencer à Bruxelles prochainement n'étendront pas l'analogie jusqu'aux déplacements brusques. Quoi qu'il en soit, la présence de failles de tassement dans un sol renfermant des sables aquifères doit être pour l'ingénieur un avertissement. » Voilà donc la seule allusion qui fut faite au métropolitain bruxellois, et j'espérais rendre service aux organisateurs de ce travail en leur fournissant une opinion désintéressée et de nature à les mettre en garde contre certaines difficultés. Cela a suffi pour que M. Bruneel se permît de déclarer que je suis hostile à l'exécution de ce travail; mais la Commission dont parle M. Bruneel n'a pas fait autre chose : elle a, comme l'a dit notre confrère M. Mourlon, non pas une mais vingt fois, signalé la constitution exacte du sous-sol sur le trajet projeté, signalant éventuellement les dangers qu'il est souvent facile, dès lors, d'éviter. Je me demande si je n'eusse pas mieux fait en cette circonstance de suivre cet avis de Fontenelle : « Si vous avez en main des vérités, tenez-la bien fermée. »

M. Bruneel déclare que la comparaison faite par moi entre Brüx et Bruxelles n'est pas en situation dans l'espèce. Je dois faire remarquer à notre confrère qu'il n'est pas d'usage, surtout dans une assemblée d'hommes de science, de contester la valeur d'un travail scientifique sans en fournir immédiatement la preuve. Il y a lieu de rapprocher de cette affirmation, toute gratuite, cette autre, dénuée aussi de fondement, comme je l'ai montré, et où M. Bruneel m'attribue cette idée renversante que le Gouvernement et ses fonctionnaires marchent dans l'inconnu. Si j'ajoute que je suis fonctionnaire moi-même, on comprendra que je ne veuille pas suivre M. Bruneel dans un genre de discussion qui ne m'est pas familier. Ce dernier, en faisant remarquer que le tunnel évitera les endroits dangereux, me reproche mon ignorance des conditions dans lesquelles se fera le travail de la jonction. Je ferai remarquer que je fais partie du grand public et qu'il était loisible à M. Bruneel de nous éclairer plus tôt.

En 1901, j'ai dit en substance : « Si vous ne tenez pas compte de ces endroits dangereux, vous vous créerez des déboires. » Cinq ans plus tard, M. Bruneel nous dit : « M. Simoens s'est trompé — et pourquoi? — Mais, répond M. Bruneel, parce que ces endroits dange-

reux, je suis parvenu à les éviter. » Dans ce cas c'est parfait. Mais en quoi cela infirme-t-il ma conclusion première?

Je ne dirai pas que ce sont mes informations qui ont décidé M. Bruneel à tenir le tunnel en dehors des alluvions de la Senne; mais si mes observations n'ont pas fait remonter le niveau de la voie, tout au moins empêcheront-elles peut-être qu'on ne le descende dans la suite.

Pour le surplus, je déclare n'avoir rien à changer, ni dans l'esprit ni dans la lettre, aux opinions que j'ai formulées antérieurement sur cet intéressant sujet.

M. *Van Bogaert*, pour rassurer complètement M. Simoens, signale qu'on vient, à Laeken, de creuser un tunnel dans un sable très aquifère, tunnel qui a passé à 19 mètres sous un bâtiment, sans qu'il se produisît aucun foirage ni aucun accident.

M. *Simoens* conteste la valeur de l'exemple cité.

Vu l'heure avancée, M. le *Président* décide de remettre à une séance spéciale, qui aura lieu le 5 décembre, toutes les communications relatives au Cromerien, soulevées par le travail de M. E. Dubois, et à la séance ordinaire de décembre la communication de M. Rutot : *Géologie et Préhistoire,* celles de M. Van den Broeck concernant ses appareils hydrologiques, et enfin la communication de M. Schardt.

La parole est donnée à M. *Rutot* pour la présentation de cristaux de gypse, dont il croit la forme intéressante, et que les cristallographes aimeront sans doute à étudier. Ces cristaux proviennent des sablières de La Courte, à Leval-Trahegnies, où ils se trouvaient dans le Landenien.

M. *G. Simoens,* après avoir examiné ces cristaux, se sert du tableau noir pour montrer que ces formes cristallographiques sont caractéristiques du gypse non maclé.

J. Lorié. — **Quelques mots au sujet de l'âge géologique des couches de Tegelen, Turnhout et Cromer.**

Bibliographie récente.

1. — 1896. F.-W. Harmer, Les dépôts tertiaires supérieurs du bassin anglo-belge. (*Bulletin de la Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol.*, t. X.)

2. — 1903. J. Lorié, Sondages en Zélande et en Brabant. (*Idem*, t. XVII.)

3. — 1904. E. Dubois, On an equivalent of the Cromer Forest-Bed in the Netherlands. (*Actes de l'Académie royale des sciences d'Amsterdam*, présenté en septembre, publié en octobre.)
4. — 1905. J. Lorié, Description de quelques nouveaux sondages, VI. (*Idem*, présenté en décembre 1904, publié en *mars* 1905.)
5. — E. Dubois, Note sur une espèce de Cerf d'âge icénien. (*Bulletin de la Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol.*, t. XIX, présenté en janvier, publié en avril.)
6. — E. Dubois, L'âge de l'argile de Tegelen et les espèces de Cervidés qu'elle contient. (*Archives du Musée Teyler*, achevé en juillet.)
7. — E. Dubois, L'âge des différentes assises englobées dans la série du Forest-Bed ou Cromerien (*Bulletin de la Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol.*, t. XIX, publié, en « épreuves préalables », en *octobre*.)

Dans le courant de l'année 1904 parut l'étude remarquable (n° 3) de notre éminent confrère M. E. Dubois, sur les argiles fossilifères de Tegelen-sur-Meuse, près de Venloo, dans le Limbourg néerlandais.

La même année, je terminai un travail sur une série de sondages dans les environs de Harlem, qui fut publié en *mars* 1905 (n° 4). Comme je différais, sur quelques points, de M. Dubois, j'intercalai l'exposé de mes vues dans un chapitre de ce travail, intitulé : *La tripartition du Diluvium graveleux.* J'avais l'intention de faire, pour le *Bulletin* de notre Société, un résumé de celui-ci et d'un autre qui est encore en préparation, puisqu'ils contiennent des faits d'un intérêt plus général. Maintenant que la discussion sur l'âge des différents dépôts si intéressants est en pleine voie, j'ai cru préférable de ne pas attendre quelques mois, mais de donner tout de suite une traduction de ce que j'ai écrit à propos de la question.

J. Lorié. — **Description de quelques nouveaux sondages, VI.** (*Actes de l'Académie royale des sciences d'Amsterdam*, mars 1905.)

Chapitre D. — Tripartition du Diluvium ancien.

(Pages 49-50.)

Depuis l'année 1894, M. Gutzwiller, de Bâle, a établi, pour le Diluvium des Alpes, une quadripartition. Pour celui de l'Allemagne du Nord, les géologues ne sont pas encore aussi avancés et n'ont réussi à établir qu'une tripartition, à savoir G' = Deckenschotter (Diluvium des Plateaux), G'' = Diluvium des hautes Terrasses, G''' = Diluvium des basses Terrasses. J'indique les deux périodes interglaciaires par I',

entre G' et G'', et par I'', entre G'' et G'''. Dans les différents sondages profonds des Pays-Bas, on n'a affaire qu'à G', I' et G'', et ce sont les graviers de G'' qui constituent la surface, d'après les idées courantes.

Or, en 1904, M. Dubois a proclamé une opinion différente (n° 3) pour le gravier de la bruyère de Jammerdaal, près de Tegelen lez-Venloo. Il contient de gros blocs erratiques, qui ne sauraient être transportés que par des glaces flottantes ou de fond. Ceci est évident, mais il m'est impossible de concevoir pourquoi il s'ensuivrait que la masse de gravier doit appartenir à G'.

Selon moi, le grand âge glaciaire (G'') a eu une très longue durée et des masses énormes de gravier furent amenées par le Rhin et la Meuse, avant que le glacier scandinave eût atteint nos parages, et cela pour la simple raison que l'eau courante se meut beaucoup plus vite qu'un glacier. Je continue, par conséquent, à considérer le gravier de Tegelen comme appartenant à G'', jusqu'à ce qu'il soit (par de bons arguments) *prouvé*, et non *prétendu*, que cette manière de voir est erronée.

Sous ce gravier se trouvent des bancs épais d'argile avec de nombreux restes d'animaux et de plantes qui ont vécu dans un climat tempéré. M. Dubois démontre à l'évidence que le sous-sol de cette argile est absolument inconnu, de sorte que la seule chose qu'on peut baser avec sûreté sur les données stratigraphiques, c'est que les fossiles sont plus anciens que G'' (d'après M. Dubois, que G').

M. Dubois fixe ensuite l'attention sur la grande analogie entre ce dépôt et le fameux « Cromer Forest-Bed » de la côte orientale de l'Angleterre, de sorte qu'il y a des chances que ces deux dépôts soient synchroniques.

Or, Clement Reid (*The pliocene Deposits of Britain.* MEMOIRS OF THE GEOLOGICAL SURVEY OF THE UNITED KINGDOM. London, 1890) range ce dépôt dans le Pliocène supérieur; Neumayr, de Lapparent et Harmer (*The pliocene Deposits of England.* II. *The Crag of Essex and its Relations to that of Suffolk and Norfolk.* QUARTERLY JOURNAL OF THE GEOLOGICAL SOCIETY, vol. LVI, 1900) le placent dans le Quaternaire. C'est M. Reid qui traite la chose le plus en détail et décrit quatre profils, dans lesquels le Forest-Bed est couvert de l'argile à blocaux du grand âge glaciaire (G''), tandis qu'en deux cas il s'intercale entre eux une couche d'argile à plantes arctiques, entre autres *Salix polaris* et *Betula nana*.

Pour nous, c'est le sous-sol qui offre plus d'intérêt encore. Il est constitué par un sable très coquillier, le « Crag de Weybourn ».

M. Clement Reid répète plusieurs fois que ces coquilles ont un caractère arctique très prononcé, mais tâche d'expliquer ceci par des circonstances locales, entre autres par l'hypothèse que la mer du Nord était fermée vers le Sud. Pour moi, cette explication, très admissible du reste, est bien un peu en contradiction avec ce qu'il dit du Forest-Bed. Les plantes dont on y trouve les restes sont très ordinaires et auraient pu vivre aujourd'hui à l'endroit même; il en est de même des Mollusques terrestres et d'eau douce. Lorsqu'on prend en considération que, plus tard, des plantes arctiques ont poussé dans la même localité, on se demande si des causes plus générales ne seraient pas en jeu. Et c'est cette question à laquelle M. Harmer répond affirmativement. Il ne s'est pas tant laissé conduire par le nombre total des espèces de coquilles, mais plutôt par celui des espèces *fréquentes*, qui déterminent le caractère de la faune.

C'est de cette manière qu'il parvient à donner au Weybournien un caractère décidément boréal et à le considérer comme l'équivalent d'un âge glaciaire (selon moi *G'*).

Il s'ensuit que le Forest-Bed est interglaciaire (*I'*) et qu'il y a beaucoup de chances que les couches de Tegelen le soient de même.

La chose n'est pas définitivement prouvée, il est vrai, mais il me paraît que cette manière-ci de voir est plus admissible que celle de M. Dubois et qu'il y a des chances qu'on retrouve, sous les argiles de Tegelen, un second dépôt de gravier quaternaire (*G'*).

(Présenté en décembre 1904, paru en mars 1905.)

Mon excellent ami, notre Secrétaire général, m'a prié de dire quelques mots au sujet du « Weybourn-Crag » au profit des membres de notre Société qui ne sont pas familiarisés avec l'étude du Pliocène anglais. Je pourrais les renvoyer aux deux notes n°s 1 et 2 de la bibliographie, surtout au chapitre VIII de la seconde d'entre elles, intitulé : *L'étude du Pliocène en Belgique et en Angleterre dans la dernière période décennale*, dont je vais résumer ci-dessous, en quelques mots, le contenu.

Les principaux auteurs ayant traité du Pliocène anglais distinguent une série de dépôts, nommés « Crag » (*falun*), qui sont parfois en superposition directe. Parfois aussi, ils sont plus ou moins isolés et reposent sur des couches plus anciennes : Éocène ou Craie. A mesure qu'on s'avance vers le Nord, l'ensemble des Mollusques fossiles dans ces Crags subit un changement important; les espèces d'un caractère méditerranéen diminuent en nombre et finissent par disparaître, pendant que les espèces arctiques ou boréales augmentent. C'est le soi-disant

« Crag de Weybourn » ou « Weybournien » qui a fait le plus de progrès à cet égard. MM. Harmer et Reid expliquent ce phénomène par un retrait de la mer vers le Nord, accompagné d'un *refroidissement graduel.*

Autant que je sache, il n'y a personne qui soit d'un autre avis, seulement on n'est pas d'accord sur les causes de ce *refroidissement.*

Je ne me suis jamais prononcé *directement* sur l'âge des couches argileuses de Tegelen et de la Campine. J'ai seulement accepté l'équivalence de ces dépôts et du Forest-Bed, défendue au début par M. Dubois (nº 3) et à laquelle je continue à me tenir. Il s'ensuit que je ne saurais considérer l'argile de Tegelen, etc., comme pliocène, puisque je considère le Forest-Bed comme pleistocène et interglaciaire.

On ne s'étonnera pas d'apprendre que j'ai applaudi à l'évolution graduelle de notre éminent confrère vers ma manière de voir (publiée en *mars* 1905). D'abord, l'argument stratigraphique, pour l'âge pliocène des couches de Tegelen, a disparu, puisqu'il n'y a aucune *preuve* de ce que le Diluvium recouvrant soit réellement le plus ancien (G') et non le moyen (G''). Ensuite, M. Dubois est venu à admettre une différence d'âge entre les deux dépôts, différence qui s'est accentuée successivement, comme le montre l'aperçu suivant, dans lequel les numéros d'ordre sont ceux de la « bibliographie récente ».

3. Équivalence absolue, comme l'indique le titre.

Le gravier superposé à l'argile de Tegelen est considéré comme le Diluvium le plus *ancien* G'.

4. J'accepte l'équivalence des deux dépôts et en tire la conclusion que le Tegelien est interglaciaire. Je considère le gravier superposé comme glaciaire *moyen* G''.

5. Tegelen est un *peu* plus ancien que Cromer.

6. Le Forest-Bed est en partie pliocène (Lower Freshwater-Bed), c'est l'équivalent de Tegelen et de Turnhout.

Une autre partie du Forest-Bed (Upper Freshwater-Bed) est pleistocène et appartient au premier interglaciaire. Nulle question du Weybourn-Crag.

7. La partie inférieure du Forest-Bed n'existe pas. La partie moyenne (l'Estuarine-Bed) est pleistocène G', la partie supérieure est interglaciaire I'. Ce n'est qu'ici qu'il est question du Weybourn-Crag, qui est considéré comme glaciaire G', ainsi que dans 4.

On voit clairement que M. Dubois s'est rapproché graduellement de ma manière de voir et l'a même dépassée. Reste à voir si ce dernier pas est un progrès; peut-être M. Clement Reid s'opposera-t-il à voir

rayé le lit d'eau douce inférieur. Du reste, le dernier mot n'est pas encore dit sur l'âge des dépôts qui servent de substratum aux argiles de la Campine; j'espère revenir plus tard sur ce sujet et je continue à conserver ma première opinion que les trois dépôts sont synchroniques, mais *interglaciaires* en même temps.

M. Simoens. — **Sur l'origine de la brèche du Calcaire carbonifère.**

L'auteur expose, étant donné l'état de la question, que la seule explication rationnelle de l'origine de la brèche est celle qui admet l'existence d'une falaise détruite par la mer et dont les éléments tombent, sous l'eau, à l'abri du choc des vagues, c'est-à-dire sous le niveau du balancement des marées.

(Le travail de M. Simoens paraîtra dans les *Mémoires* de 1906.)

M. *Rabozée* estime que, dans l'hypothèse de M. Simoens, on devrait trouver quelques gros blocs restés à l'abri de la trituration; or, la brèche se compose de petits blocs, presque tous de même dimension.

M. *Simoens* répond qu'il est aisé de concevoir une falaise formée de roches de consistance moyenne, comme les falaises de craie, qui ne donne pas lieu à de gros blocs. Précisément, les brèches siliceuses du sommet du calcaire carbonifère suggèrent cette idée.

M. *Hankar-Urban* comprend très bien qu'à un moment donné, la mer puisse se trouver devant une falaise plongeant très bas, mais ce phénomène ne peut continuer que par suite d'une transgression marine; il se formera une plate-forme littorale; donc la brèche serait locale au lieu de former un horizon constant.

M. *Simoens* fait remarquer que c'est précisément, comme il le démontre dans son mémoire, la transgression qui permet la formation continue de la brèche, tout comme elle permet la formation continue d'un cordon littoral, qui s'élève toujours à mesure de l'avancement de la mer. Le résultat serait identique si, au lieu d'un avancement de la mer, on supposait l'affaissement continu du littoral.

La séance est levée à 10 heures 50.

SÉANCE SUPPLÉMENTAIRE DU 5 DÉCEMBRE 1905.

Présidence de M. **A. Rutot**, *Vice-Président.*

La séance est ouverte à 8 h. 35 (24 membres présents).

M. le *Président*, en ouvrant la séance, fait observer qu'elle sera uniquement consacrée à la question, si importante, des corrélations Cromer-Tegelen-Turnhout, et à la discussion du travail du professeur A. Dubois, inséré dans le procès-verbal de la séance du 17 octobre et intitulé : *De l'âge des différentes assises englobées dans la série du Forest-Bed ou Cromerien.*

M. *E. Van den Broeck* croit que cette discussion serait plus fructueuse, surtout pour les collègues assistant régulièrement aux séances, si elle était précédée d'un exposé général de la question, permettant à chacun de suivre avec plus de facilité les diverses phases de la discussion ouverte sur la question du Cromerien et sur ses corrélations dans le continent.

Il demande donc à être autorisé, avant l'ouverture de la discussion annoncée, à faire une communication préliminaire, qu'il présente sous le titre suivant :

E. Van den Broeck. — Les temps pliocènes et préglaciaires dans les comtés de l'Est en Angleterre, dans leurs rapports avec le Cromerien. — Le prétendu Forest-Bed; le gisement et sa faune.

Cet exposé oral, accompagné de l'exhibition de cartes, plans et coupes, a pris toute la séance et n'a pas permis l'audition des communications envoyées comme discussion du travail de M. A. Dubois par MM. *J. Lorié*, *F.-W. Harmer* et *A. Reid.*

Comme l'exposé de M. Van den Broeck est trop étendu pour pouvoir être englobé dans les *Mémoires* de 1905, que des raisons budgétaires

forcent à ne point développer davantage, il sera reporté aux *Mémoires* de 1906 et le Bureau propose que les communications de MM. *Harmer, Lorié* et *Reid*, déjà imprimées et distribuées en « épreuves préalables » aux habitués de nos séances, soient englobées dans le *Procès-Verbal* de la présente séance. (*Adopté.*)

J. Lorié. — **Note supplémentaire à « Quelques mots au sujet de l'âge géologique des couches de Tegelen, Turnhout et Cromer ».**

Mon vénérable ami, M. Harmer, de Norwich, m'a fait une observation sur la présence de son nom page 3, ligne 7, de ma note du 21 novembre, et il a parfaitement raison. Je veux donc faire amende honorable et rectifier l'erreur, ce qui est, en outre, favorable à ma thèse.

Le « Crag de Weybourn » est précédé par le « Crag de Norwich, ou Icenian », dont la faune de Mollusques a un caractère *beaucoup plus récent*, d'après M. Harmer lui-même, que celle des Crags plus anciens (Crag rouge en général). Il en conclut qu'ils sont séparés par un *intervalle* (de temps) *considérable* (1).

Attendu qu'il faudra tirer quelque part une limite entre le Pliocène et le Pleistocène (ou Quaternaire), je me suis demandé si ce ne serait pas ici le bon endroit. C'est M. Harmer encore qui me donne un excellent argument pour la réponse affirmative à cette question, dans son travail de 1900, où nous lisons :

« Le soi-disant Forest-Bed, avec sa faune méridionale, indique un changement distinct des conditions climatériques, semblable à celui des épisodes interglaciaires de l'époque pleistocène. Il devra être séparé, d'abord du Crag de Weybourn, ensuite des sables à *Leda myalis* et du lit d'eau douce arctique. Il paraît naturel de grouper les deux derniers avec les dépôts glaciaires. »

En réalité, M. Harmer n'a donc pas fait le pas que je lui ai attribué, et, dans un tableau de son travail de 1902 (page 431), il range de nouveau le Forest-Bed dans le Pliocène récent.

Je ne comprends pas entièrement cette hésitation, et je suppose que la tradition l'a emporté sur la logique.

---

(1) F. W. Harmer, *Crag of Essex,* 1900, p. 737, et *A Sketch of the later Tertiary history of East Anglia* (Proceedings of the Geologist's Association, XVII, 9 et 10, 1902).

Je n'éprouve, quant à moi, aucune hésitation ou remords à franchir le Rubicon et à *considérer* le Forest-Bed comme un épisode interglaciaire (*I'*) au lieu de le *comparer* seulement à une telle phase (comme le fait M. Harmer).

Laissant de côté les sables à *Leda myalis*, dont les relations stratigraphiques ne sont pas bien claires, je suis tenté de considérer le « lit d'eau douce arctique » comme équivalent au second Glaciaire (*G''*), le « Crag de Weybourn » comme équivalent au premier Glaciaire (*G'*), et le « Crag de Norwich » comme préglaciaire (*P*). Il ouvre la série pleistocène, le Crag rouge ferme la série pliocène.

Cl. Reid. — **Note au sujet du travail de M. Dubois sur le gisement de Cromer**. (*Extrait d'une lettre à* M. Van den Broeck.)

Le Forest-Bed de Cromer repose toujours, avec un contact légèrement ravinant, sur le Crag de Weybourn ou sur l'argile de Chillesford; je n'ai jamais vu aucune indication d'un passage, mais naturellement une légère érosion entre des dépôts de ce caractère ne peut indiquer un grand laps de temps.

Je n'ai clairement vu *in situ* le Lower-Freshwater-Bed qu'à une seule place. Il s'y trouve sous la couche d'estuaire du Cromerien et repose dans un canal ou dépression traversant le Crag de Weybourn jusqu'à la craie, exactement comme l'Upper-Freshwater-Bed repose dans des canaux ou dépressions creusés dans le dépôt d'estuaire. Il y avait peut-être une légère indication de petites radicelles, pénétrant dans les couches, sous le Lower-Freshwater-Bed.

Ce dépôt a été caché par des bancs de sable pendant plusieurs années, quoique des fragments remaniés soient abondants dans le dépôt d'estuaire recouvrant.

Il peut y avoir une complète continuité depuis le Crag de Weybourn jusqu'au sommet du Forest-Bed; mais je ne saurais rien affirmer quant à ceci et les faunes ne sont pas comparables. Il n'y a pas grande utilité à s'aventurer dans une opinion où les preuves sont insuffisantes pour résoudre la question.

Par rapport à la question générale de corrélation, il y a une autre possibilité (comme je l'ai écrit à M. Lorié il y a quelque temps), et cette corrélation possible doit être prise en considération.

En Belgique et dans les contrées voisines, il semble y avoir des

preuves de trois périodes glaciaires et de deux interglaciaires. Pour certaines raisons que je n'ai jamais été à même de comprendre, plusieurs géologues désirent rapporter le Cromer Forest-Bed au premier interglaciaire, bien qu'il contienne une faune différente de celle de n'importe quel dépôt interglaciaire du continent (à moins que la pauvre faune de Tegelen n'appartienne à la même période). Il me paraît cependant que nous avons probablement dans le Norfolk trois périodes froides postérieures au Forest-Bed, formant ainsi la série complète. Ne se serait-on pas adressé à un niveau erroné pour l'équivalent britannique du premier glaciaire?

Au-dessus des dépôts lacustres et d'estuaire du Cromer Forest-Bed, on trouve certains dépôts marins au sujet desquels je n'ai été, jusqu'à présent, à même d'analyser que très peu de documentations; d'autant plus qu'en maints endroits ils ont été décalcifiés et que leurs fossiles ont disparu.

Ces dépôts marins ont été classés ensemble provisoirement sous le nom de couche à *Leda myalis;* ils sont immédiatement suivis par le dépôt d'eau douce arctique (Arctic Freshwater-Bed) avec *Salix polaris* et *Betula nana.* La couche à *Leda myalis* comprend toutefois deux dépôts, montrant des conditions climatériques tout à fait différentes. L'un de ces types contient la forme arctique *Leda myalis* (non *L. oblongoïdes* du Crag) et *Astarte borealis;* l'autre contient une couche épaisse d'*Ostrea edulis*, espèce qui ne supporte point un habitat arctique.

Actuellement, j'ignore lequel de ces deux dépôts est le plus récent (ils ne peuvent pas être contemporains); si cependant la couche à *Leda myalis* est la plus ancienne, comme je suis disposé à le croire, alors entre elle et la couche à *Salix polaris* il se présente un banc d'huîtres montrant des conditions interglaciaires.

Les corrélations peuvent conséquemment se formuler comme suit :

BELGIQUE ET PAYS-BAS.	NORFOLK ET SUFFOLK.
—	—
	= Dépôts paléolithiques de Hoxne, etc.
Glaciaire III	= Arctic Plant-Bed de Hoxne.
Interglaciaire II	= Temperate Plant-Bed de Hoxne.
Glaciaire II (maximum de glaciation) .	= Chalky Boulder Clay. = Contorted Drift. = Arctic Freshwater-Bed.
Interglaciaire I.	= Oyster-Bed de Sherringham.
Glaciaire I	= *Leda myalis* bed de Runton.

Nouveau Pliocène.	Cromer Forest-Bed.	Upper Freshwater-Bed.
		Estuarine-Bed.
		Lower Freshwater-Bed.
	Weybourne Crag et Chillesford Clay.	
	Crag de Chillesford.	
	Crag de Norwich.	

Il y a tellement de points encore incertains dans la géologie de cette région, extrêmement difficile, que je désire seulement suggérer provisoirement cette corrélation avec vos périodes glaciaires et interglaciaires. Actuellement, je ne suis point d'avis que nous ayons des preuves suffisantes dans la faune et dans la flore de Belgique et des Pays-Bas pour quelque corrélation bien définie; mais peut-être que Tegelen et vos argiles de la Campine pourront y aider. Je serai heureux d'y contribuer par la détermination de toutes plantes (semences, etc.) que vous pourriez m'envoyer.

Vous parlez de l'absence de relations visibles entre le Weybourn Crag et le Crag pliocène antérieur. Ceci cependant est une erreur. Sur les côtes près de Cromer, le Crag de Weybourn repose immédiatement sur la craie; mais, à quelques milles à l'intérieur, dans la vallée de la Bure, il repose sur les Crags de Chillesford et de Norwich. Les faunes sont presque identiques, mais le Weybourn Crag contient en abondance *Tellina balthica* (une coquille inconnue dans le Crag sous-jacent), et il montre un pourcentage légèrement plus grand d'exemplaires appartenant à des espèces arctiques.

Je me suis rendu à Tegelen avec M. Dubois pour obtenir des matériaux pour mes études personnelles et pour comparaison avec les dépôts anglais. Je ne désire pas le priver de l'honneur de décrire la faune et la flore. Lorsque nous étions à Tegelen, le professeur Dubois recueillit également une grande boîte d'argile en vue de la laver pour les semences, et je lui ai expliqué ma méthode de travailler. Il me semble que depuis cette occasion, il aurait dû trouver une flore aussi développée que celle que j'y ai constatée (70 à 80 espèces) et ceci l'aurait amené à donner, sur les plantes, des vues totalement différentes de celles qui ont été publiées.

J'ai une grande collection du Forest-Bed de Cromer à compléter avant que je puisse finir la détermination des plantes de Tegelen. Probablement je serai à même de doubler les éléments de la flore du Forest-Bed de Cromer; les deux flores sont étroitement alliées, mais elles ne sont d'aucune façon *identiques* et actuellement, je ne pourrais dire laquelle est la plus ancienne.

F.-W. HARMER, F. G. S. — **Les relations entre les dépôts pliocènes de Tegelen et le soi-disant Forest-Bed de Cromer.**

Les travaux du Dr Dubois, de Harlem, sur les dépôts pliocènes de Tegelen (1) et sur leurs relations avec ceux du Forest-Bed du Norfolk et du Suffolk sont d'un grand intérêt pour les géologues anglais et soulèvent des questions de grande importance.

Il est nécessaire de mettre en relief le fait que la faune et la flore des séries du Forest-Bed, considérées dans leur ensemble et sauf l'exception mentionnée ci-dessous, ont un facies nettement récent.

Les vestiges de plantes de ces couches (dont plus de soixante espèces ont été déterminées), aussi bien du Forest-Bed de Pakefield et Kessingland, décrits par feu M. J. H. Blake (2), que de la côte de Cromer, étudiées par M. Reid, sont, à deux ou trois exceptions près, les espèces habitant encore les régions voisines et présentant un caractère similaire, ainsi que le fait observer M. Reid, à celui de la flore actuelle marécageuse du Broadland du Norfolk (3).

De même, aussi bien les mollusques marins que terrestres et d'eau douce sont presque tous des espèces modernes. Il en est de même pour les Poissons, les Amphibiens, les Reptiles, les Oiseaux et les petits Mammifères (rongeurs et insectivores). Toutefois, avec ces espèces se trouvent associés, mais cependant entièrement localisés dans la formation d'estuaire de la série du Forest-Bed, un groupe d'animaux d'un type plus ancien ou plus méridional, tels que *Cervus etuerarium*, *Equus Stenonis*, *Rhinoceros etruscus* et *Elephas meridionalis*, ce dernier s'y trouvant en abondance : espèces d'un caractère similaire à celles trouvées dans les dépôts pliocènes d'Italie et de France, mais non dans le Postpliocène de France.

J'ai, de temps à autre, déclaré qu'il est improbable que des espèces telles que *Mastodon arvernensis* auraient continué à exister dans l'Est de l'Angleterre aussi tard qu'à l'étage Icenien du Crag, période pendant laquelle la réfrigération générale du climat de cette région avait

(1) *On an equivalent of the Cromer Forest-Bed in the Netherlands.* (KON. AKAD. VAN WETENSCH. TE AMSTERDAM, 1904.) — Voir aussi : *L'âge des différentes assises englobées dans la série de Forest-Bed* (ARCH. TEYLER, 1905.)

(2) *Mem. Geol. Survey*, p. 92. Yarmouth, 1890.

(3) *Pliocene deposits of Britain*, p. 231, 1890.

déjà progressé au point de permettre l'existence, dans les mers adjacentes, de quelques espèces de Mollusques qui, actuellement, sont confinées dans le cercle arctique ou dans les mers scandinaves, et je concluais que de tels vertébrés, trouvés dans le Crag, ne pouvaient être considérés que comme remaniés (1).

Il me semble également difficile de croire que des animaux tels que ceux mentionnés plus haut auraient vécu en Grande-Bretagne en si grand nombre et si diversifiés, jusqu'à l'époque, encore plus tardive, de l'étage Cromerien de l'époque tertiaire, et je suggérai, pour expliquer leur constatation dans une région si septentrionale de cette période, qu'ils auraient pu être apportés sous forme de carcasses d'animaux noyés par le Rhin, en temps de crue, provenant de régions plus méridionales (2).

Le Prof[r] Dubois considère avec raison, je pense, qu'une telle explication n'est pas satisfaisante, faisant remarquer que la différence de latitude entre le Norfolk et la partie de la vallée du Rhin d'où auraient pu provenir ces animaux n'est pas suffisante pour justifier leur caractère plus méridional, et il suggère qu'ils proviendraient plutôt, par remaniement, de la destruction de quelque dépôt pliocène d'âge antérieur. Je veux bien admettre que cette hypothèse est plus satisfaisante que la mienne et que, si elle peut être généralement acceptée, elle résout les difficultés de la question.

Des dépôts lacustres, similaires à ceux de Tegelen, peuvent avoir existé à différents niveaux de la période pliocène, le long des basses terres traversées par le Rhin dans le cours inférieur de sa vallée, et d'autres exemples, analogues à celui découvert à Tegelen, peuvent encore exister, cachés sous le *Diluvium rhénan*. Des os ou des dents isolés, analogues à ceux trouvés à Cromer et ailleurs, peuvent avoir été enlevés de ces dépôts, de temps en temps, corrélativement aux déplacements latéraux du fleuve, et se seront trouvés ensuite redéposés plus loin au Nord.

De toute manière, je pense que le dépôt de Tegelen est plus ancien que le Forest-Bed de Cromer. Tous les Mammifères énumérés par le Prof[r] Dubois, de Tegelen, paraissent se grouper avec les formes anciennes de la faune de Cromer.

De plus, quelques-unes des plantes, ainsi que le fait ressortir M. Dubois, indiquent un climat plus chaud et par conséquent une

(1) *Proc. Geol. Ass.*, vol. XVII, p. 416, 1902.
(2) *Ibid.*, p. 449.

époque antérieure à celle indiquée par la flore des dépôts anglais. Si, toutefois, la théorie que plusieurs des Mammifères éteints du Forest-Bed sont remaniés est acceptée, le dépôt de Tegelen peut être de beaucoup le plus ancien.

Je regrette de ne pouvoir accepter l'adjonction proposée du Crag de Weybourne au Pleistocène. Sa faune malacologique est du même caractère général que celle du Crag de Norwich, et j'ai groupé ces deux horizons, avec l'argile de Chillesford (1), sous le nom de Icenien, en un étage pliocène supérieur dont je ne puis séparer aucun de ces termes.

Je reste d'accord avec M. Reid sur le point que le Weybournien appartient au Crag pliocène plutôt qu'à la série glaciaire. Sa faune malacologique me paraît indiquer toutefois des conditions boréales plutôt qu'arctiques. Environ 60 % des espèces qu'on y trouve sont des formes à la fois britanniques et scandinaves; quelques-unes d'entre elles appartiennent aux mers polaires, et il y en a en nombre égal de méditerranéennes. Il est vrai que le Crag de Weybourne contient quelques formes arctiques caractéristiques, comme c'est aussi le cas pour les Crags de Norwich et de Chillesford, mais, généralement parlant, de telles formes sont rares à Weybourne, et si nous avons à nous occuper du dénombrement des spécimens plutôt que de celui des espèces, nous trouverons que tout l'ensemble des coquilles arctiques ne constitue pas les 5 % de l'ensemble. Je me propose maintenant de soumettre à la discussion, en vue de la prochaine séance de la Société, une analyse détaillée de la faune de Weybourne.

F. W. Harmer. — **L'horizon weybournien du Crag icenien dans l'Est de l'Angleterre.**

La liste analytique, fournie ci-dessous, des Mollusques marins actuellement connus du Crag de Weybourne renferme les noms de 54 espèces. Parmi elles, 34, soit environ 60 %, sont des Mollusques britanniques caractéristiques et abondants, 33 se trouvent également sur les côtes de la Scandinavie et 31 appartiennent à la faune de l'Europe occidentale : 21 habitent le Nord, au delà du cercle arctique, mais, d'autre part, 23 existent aussi dans la Méditerranée.

(1) *Loc. cit.*, p. 431.

Ce groupe faunique représente un facies quelque peu boréal, mais d'aucune manière une faune arctique, étant, en réalité, de caractères similaires à celle de la mer du Nord, dans les temps actuels.

A très peu d'exceptions, dont une seule, *Tellina balthica*, est importante, tous les Mollusques du Weybournien se retrouvent également dans les couches supérieures du Red Crag, aussi bien que dans le Crag de Norwich. Cette espèce, abondante sur les côtes britanniques, a une large distribution géographique dans les latitudes septentrionales, s'étend toutefois au Sud jusqu'à la Méditerranée et dans la mer Noire, et ne peut être considérée comme une coquille spécialement arctique. Elle est inconnue dans les niveaux inférieurs du Crag, mais apparaît en profusion extraordinaire dans l'étage de Weybourne, les échantillons de cette espèce étant au moins dix fois plus nombreux que ceux de toutes les autres coquilles réunies.

Il semble probable, par conséquent, que cette espèce s'était antérieurement établie en quelque aire non éloignée qui n'avait pas, jusqu'à ce temps, été en communication avec la mer du Crag.

La partie restante de la faune de Weybourne consiste en 7 espèces éteintes ou non connues comme vivant dans les eaux européennes; 2 formes méridionales et 7 formes boréales, toutes se trouvant dans le Crag de Norwich et toutes, sauf 3, dans le Red Crag; 4 coquilles arctiques caractéristiques ont cependant été trouvées à Weybourne, mais elles y sont extrêmement rares et, en regard du facies non arctique du restant de la faune, elles peuvent être regardées comme une quantité négligeable.

Ce sont les espèces abondantes et non les espèces rares qui sont importantes dans l'étude d'une faune. C'est pourquoi il ne me semble pas que l'évidence des faits confirme la déclaration de M. Reid, que « les Mollusques du Crag de Weybourne indiquent des conditions presque arctiques dans leur intensité ».

L'étroite ressemblance, toutefois, entre les Crags de Weybourne et de Norwich (que j'ai groupés, avec les couches de Chillesford, sous le nom d'étage icenien) montre, je pense, comme M. Reid le remarque (1), que l'horizon weybournien ne peut être séparé des autres dépôts pliocènes anglais.

A part l'exception qu'elle contient, *Tellina balthica*, la faune des dépôts de Weybourne ne diffère pas matériellement de celle de la zone

---

(1) Cl. Reid, *Pliocene Deposits of Britain*, 1890, p. 145.

de Norwich, sauf que les premiers renferment un plus petit nombre d'espèces et qu'un petit nombre de formes méridionales, qui se sont attardées jusqu'à l'étage de Norwich, n'y ont pas été trouvées. Mais certaines d'entre elles, il convient de l'établir, réapparaissent dans un dépôt ultérieur de la mer du Nord : les Middle Glacial Sands du Norfolk et du Suffolk (1).

Les coupes visibles du Crag de Weybourne sont, toutefois, moins abondantes que celles des dépôts de Norwich et elles n'ont pas été explorées aussi minutieusement.

Je suis d'accord avec M. Reid sur ce point que le commencement des conditions glaciaires, dans l'Est de l'Angleterre, est indiqué par la couche d'eau douce arctique de la côte de Cromer, contenant *Salix polaris*, *Betula nana* et d'autres plantes septentrionales.

Si cependant la faune du Crag de Weybourne doit être regardée comme boréale et non comme arctique et si, comme le propose le professeur Dubois, les mammifères éteints et méridionaux de la partie d'estuaire du Forest-Bed sont remaniés, l'hypothèse que ce dernier dépôt représenterait une période interglaciaire, de climat relativement doux, ne semble pas probable. Le Crag de Weybourne et le Forest-Bed peuvent vraisemblablement constituer des termes d'une série plus ou moins continue de dépôts, pendant l'accumulation desquels, comme la période glaciaire approchait et que la glace scandinave descendait vers le Sud, il s'est établi un refroidissement graduel du climat.

Je crains qu'il ne sera jamais facile de décider d'une manière satisfaisante, sauf localement, où doit être tracée la démarcation entre le Pliocène et le Quaternaire (Pleistocène), parce que les conditions glaciaires doivent avoir commencé plus tôt dans certaines parties que dans d'autres de l'hémisphère septentrional, en Suède et en Norwège, par exemple, comparativement à l'Est de l'Angleterre.

La thèse que cette démarcation devrait être placée entre l'étage de Butley du Red Crag et la zone de Norwich déplace la difficulté, mais ne la résout pas, car la faune du Crag de Butley est également boréale. Des coquilles septentrionales ont déjà commencé à pénétrer dans le bassin du Crag avant la fin du Waltonien (2). J'ai trouvé à Little Oakley, en Essex, conjointement avec une faune waltonienne caractéristique, un nombre considérable de mollusques qui ne sont actuelle-

---

(1) Voir *Proceed. Geol. Ass.*, vol. XVII, 1902, p. 459.
(2) Horizon initial du Crag, localisé au Sud de l'aire principale de celui-ci.

ment connus que des mers scandinaves et arctiques (1). Une ou deux espèces septentrionales sont, de plus, observables dans le Poederlien.

Il y a une autre considération qui m'engage à penser que les conditions glaciaires peuvent avoir commencé dans les régions septentrionales déjà à l'époque de l'étage waltonien.

Actuellement, comme je l'ai établi ailleurs (2), très peu de coquilles « roulées » s'observent sur les grèves du Norfolk et du Suffolk, qui font face à l'Est.

Au contraire, elles sont amassées par les tempêtes sur les plages de Hollande en immenses quantités; leur absence dans un cas et leur présence dans l'autre sont dues au fait que les centres cycloniques de l'Atlantique passent, pour la majeure partie, au Nord des régions en question, causant ainsi une prévalence de tempêtes d'Ouest.

Pendant toute la durée de la période du Crag rouge, les coquilles mortes s'accumulèrent en grande profusion sur les plages et les grèves de l'Est de l'Angleterre, comme c'est le cas actuellement en Hollande. Des tempêtes d'Est devaient par conséquent prévaloir en ces temps, les cyclones ayant un trajet plus méridional, en même temps que vers le Nord les conditions étaient anticycloniques.

Ceci, je pense, était probablement en coïncidence et causé par l'existence d'un manteau glaciaire sur les hauteurs de la Scandinavie. La période des tempêtes d'Est a dû apparaître et avoir commencé déjà dès la période waltonienne, car l'abondance des débris coquilliers du Crag de Walton est aussi grande qu'elle l'est dans toute autre partie de l'aire du Crag rouge.

---

(1) *Loc. cit.*, p. 439.

(2) Voir, par exemple : *Q. J. G. S.*, vol. 57, p. 407 (1901), et aussi : *Bull. Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol.*, t. XVI (1902), Mém., p. 54.

LISTE ANALYTIQUE DES MOLLUSQUES MARINS DU CRAG DE WEYBOURNE.

DÉSIGNATION DES ESPÈCES.	Mers arctiques.	Scandinavie.	Ouest de l'Europe.	Méditerranée.	Crag de Norwich.	Crag rouge.	Crag corallien.
Espèces vivant actuellement dans les mers britanniques.							
Buccinum undatum *L.*	+	+	+		+	+	+
Purpura lapillus *L.*	+	+	+		+	+	
Trophon antiquus *L.*	+	+	+		+	+	
Bela turricula *Mont.*	+	+	+		+	+	
Clathurella linearis *Mont.*	+	+	+	+	+	+	
Scalaria Turtonæ *Turt.*		+	+	+	+		
— Trevelyana *Leach*		+	+	+	+	+	
Turritella terebra *L.*	+	+	+	+	+	+	
Littorina littorea *L.*	+	+	+		+	+	
— rudis *L.*	+	+	+		+	+	
Hydrobia subumbilicata *S. V. Wood* [H. ventrosa *Mont.*]		+	+	+	+		
Natica catena *Da C.*		+	+	+	+	+	
— islandica *Gmel.*	+	+			+	+	
Tectura virginea *Müll.*.		+	+	+	+	+	+
Velutina lævigata *Penn.*	+	+	+	+	+		
Mytilus edulis *L.*	+	+	+	+	+	+	+
Lucina borealis *L.*		+	+	+	+	+	+
Astarte compressa *Mont.*	+	+			+	+	
— elliptica *Brown*	+	+	+		+	+	
— sulcata *Da C.*	+	+	+	+	+	+	
Cyprina islandica *L.*	+	+	+	+	+	+	+

DÉSIGNATION DES ESPÈCES.	Mers arctiques.	Scandinavie.	Ouest de l'Europe.	Méditerranée.	Crag de Norwich.	Crag rouge.	Crag corallien.
Cardium edule *L.*	+	+	+	+	+	+	+
— echinatum *L.*		+	+	+		+	
Tapes decussatus *L.*			+	+	+		
Tellina balthica *L.*.	+	+	+	+			
Donax vittatus *Da C.*		+	+	+	+	+	
Mactra stultorum *L.*		+	+	+	+	+	
Thracia papyracea *Poli*		+	+	+	+	+	+
Corbula gibba *Ol.*	+	+	+	+	+	+	+
Scrobicularia plana *Da C.*		+	+	+	+	+	
Saxicava arctica *L.*.	+	+	+	+	+	+	+
Mya arenaria *L.*	+	+	+		+	+	
— truncata *L.*	+	+	+	+	+	+	+
Pholas crispata *L.*.		+	+	+	+	+	
34 espèces.	21	33	32	23	32	29	10

Espèces non connues comme vivant dans les mers européennes.

		Crag de Norwich.	Crag rouge.	Crag corallien.
Melampus pyramidalis *J. Sow.*	Non connue vivante.	+	+	
Leda oblongoides *S. V. Wood*	—	+	+	
Nucula Cobboldiæ *J. Sow.*	—	+	+	
Tellina obliqua *J. Sow.*	—	+	+	+
— prætenuis *Leathes*	—	+	+	
Mactra ovalis *J. Sow.*	—	+	+	
Corbula contracta *Say.*	Amérique du Nord.	+		
7 espèces.	0	7	6	1

DÉSIGNATION DES ESPÈCES.	Mers arctiques.	Scandinavie	Ouest de l'Europe.	Méditerranée.	Crag de Norwich.	Crag rouge.	Crag corallien.
Espèces qui ne sont connues que dans les mers au Sud de la Grande-Bretagne.							
Trophon contrarius *L.* [T. sinistrorsus *L.*] (rare).			+	+	+	+	
Bulla alba *Brown* (rare) (B. striata *Brug*) . .				+	+		
2 espèces.	0	0	1	2	2	1	0
Espèces boréales.							
Trophon scalariformis *Gould.* } abondantes dans le Crag waltonien de Oakley	+	+	+		+	+	
Natica clausa *Brod.* . } abondantes dans le Crag waltonien de Oakley	+	+			+	+	
Admete viridula *Fabr.* . . . (Waltonien)	+	+			+	+	
Scalaria groenlandica *Chem.* . . (Bergen)	+	+			+	+	
Astarte borealis *Chem.*	+	+			+		
Tellina calcarea *Chem.* (T. lata *Gmel*) . . .	+	+			+	+	
Rhynchonella psittacea *Chem.*	+	+	+		+	+	
7 espèces.	7	7	2	0	7	6	0
Espèces arctiques.							
Astarte borealis *Chem.* [*var.* Withami *Smith*] (très rare).	+						
Astarte crebricostata *Forbes* (très rare) . .	+						
Cardium groenlandicum *Chem.* (rare) . . .	+				+	+	
Saxicava rugosa *L.* [*var.* sulcata *Smith*] (très rare).	+						
4 espèces.	4	0	0	0	1	1	0

SÉANCE MENSUELLE DU 19 DÉCEMBRE 1905.

Présidence de M. **A. Rutot**, *Vice-président.*

La séance est ouverte à 8 h. 40. (23 membres présents.)

Correspondance :

M. le *Président Kemna* et M. *Mourlon*, empêchés, s'excusent de ne pouvoir assister à la séance.

M. *Deblon* annonce qu'il est actuellement Ingénieur en chef du service technique de la Compagnie Intercommunale des Eaux de l'agglomération bruxelloise.

M. *F. Sacco*, en réponse à une demande du Secrétaire général, envoie un résumé de ses observations géologiques sur l'Apennin septentrional. Cet important travail, accompagné d'une carte géotectonique, ne pourra, pour raisons budgétaires, paraître que dans le courant de 1906.

M. *G. Lecointe* nous envoie le programme de l'*Association internationale pour l'étude des régions polaires*, jetant les bases de deux conférences, qui auront lieu en 1906, pour réaliser le vœu du Congrès de Mons. (A la disposition des membres.)

M. *Agamemnone* annonce la publication par lui d'un ouvrage intitulé : *L'enregistrement des tremblements de terre*, et contenant la description des principaux instruments servant à l'étude des mouvements telluriques. (Édité par *L'Elettricista*, 224, Via Cavour, Rome; 5 lires.)

Le docteur *F. Krantz*, directeur du Comptoir minéralogique rhénan, à Bonn, envoie le catalogue des nouveautés paléontologiques qu'il met en vente.

Dons et envois reçus : De la part des auteurs :

4828. **Androussoff, N.** *Matériaux pour la géologie de la région Aralocaspienne. Première partie : La presqu'île de Krasnovodsk. Le Grand Balkan. Le Petit Balkan. Djnanak. Oustiourt.* Saint-Pétersbourg, 1905. Extrait in-8° de 187 pages, 3 planches et 20 figures.

4829. **Brouhon, L.** *Ouvrages de captation et d'adduction de Hesbaye. Projets d'extension.* Liége, 1905. 1 volume in-8° de 300 pages et 1 volume in-8° de 10 planches.

4830. **Choffat, P.** *Contributions à la connaissance géologique des colonies portugaises d'Afrique. II. Nouvelles données sur la zone littorale d'Angola.* Lisbonne, 1905. Volume in-4° de 48 pages et 4 planches.

4831. **Gosselet, J.** *Essai de comparaison entre les pluies et les niveaux de certaines nappes aquifères du Nord de la France.* Lille, 1905. Extrait in-8° de 27 pages et 4 planches.

4832. **Gosselet, J.** *Une erreur de la carte d'État-major. Relations de la Lys avec la Ternoise.* Lille, 1905. Extrait in-8° de 8 pages et 1 planche.

4833. **Gosselet, J.** *Les sondages du littoral de l'Artois et de la Picardie.* Lille, 1905. Extrait in-8° de 11 pages et 1 planche.

4834. **Joly, H.** *Notes paléontologiques. I. Note sur deux Cœloceras du Toarcien : Cœloceras subarmatum d'Orbigny 1842 et Cœloceras Desplacei d'Orbigny 1842.* Nancy, 1905. Extrait in-8° de 13 pages et 2 planches.

4835. **Laur, F.** *Le nouveau bassin houiller de la Lorraine française.* Liége, 1905. Extrait in-8° de 46 pages et 1 planche.

4836. **Leriche, M.** *Note sur les Cottus fossiles et en particulier sur Cottus cervicornis Storms du Rupelien de la Belgique.* Paris, 1904. Extrait in-8° de 3 pages et 1 planche.

4837. **Leriche, M.** *Sur la présence du genre Metoicoceras Hyatt dans la craie du Nord de la France et sur une espèce nouvelle de ce genre. (Metoicoceras Pontieri.)* Lille, 1905. Extrait in-8° de 5 pages et 1 planche.

4838. **Leriche, M.** *Sur la signification des termes Landenien et Thanétien.* Lille, 1905. Extrait in-8° de 5 pages.

4839. ... *Résultats scientifiques de l'expédition organisée par l'Académie impériale des Sciences de Saint-Pétersbourg en vue d'organiser des fouilles pour la recherche d'un mammouth sur la rivière Berezowka, en 1901.* (Tome I.) Saint-Pétersbourg, 1903. Volume in-4° de 156 pages et 33 planches.

4840. **Arctowski, H.** *Projet d'une exploration systématique des régions polaires.* Bruxelles, 1905. Brochure in-8° de 25 pages.

4841. **Choffat, P.** *Notices bibliographiques.* Lisbonne, 1905. Extrait in-8° de 14 pages.

4842. **Choffat, P.** *Pli-faille et chevauchements horizontaux dans le Mésozoïque du Portugal.* Paris, 1905. Extrait in-4° de 3 pages.

4843. **Choffat. P.** *Supplément à la description de l'Infralias et du Sinémurien en Portugal.* Lisbonne, 1905. Extrait in-8° de 21 pages.

4844. **Choffat, P.** *Description de la faune jurassique du Portugal. Polypiers du Jurassique supérieur, par F. Koby, avec une Notice stratigraphique, par P. Choffat.* Lisbonne, 1904-1905. Extrait in-4° de 167 pages et 30 planches.

4845. **Choffat, P.**, et **Dollfus.** *Quelques cordons littoraux marins du Pleistocène du Portugal.* 16 pages.

Choffat, P. *Preuves du déplacement de la ligne du rivage de l'Océan.* 4 pages. Lisbonne, 1905. Extrait in-8°.

4846. **Diénert, F.** *Surveillance locale des sources.* Montsouris, 1905. Extrait in-8° de 57 pages.

4847. **Dollot, A., Godbille, P.**, et **Ramond, G.** *Les grandes plâtrières d'Argenteuil (Seine-et-Oise). Historique, Genèse et Distribution des formations gypseuses de la région parisienne.* Paris, 1905. Extrait in-4° de 47 pages, 4 planches et 6 figures.

4848. **Anderson, J.-W.** *Manuel du Prospecteur. Guide pour la recherche des gîtes minéraux et métallifères.* Édition française par J. Rosset. Paris, 1885. Volume in-8° de 216 pages et 73 figures. (Don de l'éditeur B. Tignol, à Paris.)

4849. **Schlumberger, Ch.**, et **Choffat, P.** *Note sur le genre « Spirocyclina » Mun.-Chalm. et quelques autres genres du même auteur.* 11 pages et 2 planches.

Schlumberger, Ch. *Note sur le genre « Choffatella », n. g.* 3 pages et 1 planche. Lisbonne, 1905. Extrait in-8°.

4850. **Issel, A.** *Excursion géologique dans les environs de Gênes.* Gênes, 1905. Extrait in-8° de 16 pages et 1 carte.

4851. **Issel, A.** *La nuova caverna di Frabosa.* Udine, 1905. Extrait in-8° de 8 pages.

4852. **Issel, A.** *Saggio di un nuovo ordinamento sistematico degli alvei e delle rive marine.* Gênes, 1905. Extrait in-8° de 57 pages et 40 figures.

4853. **Lœwinson-Lessing, F.** *Eine petrographischen Excursion auf den Tagil.* Saint-Pétersbourg, 1905. Extrait in-8° de 44 pages et 7 planches.

4854. **Meunier, Em.** *Essai historique sur la Houille dans le bassin franco-belge. — Géologie, histoire, propriétés et usages.* Charleroi, 1905. Brochure in-8° de 93 pages et 20 figures.

4855. **Lapparent, A. (de).** *Traité de Géologie* (5e édition). Paris, 1906. 3 volumes in-8° de 592 pages et 139 figures; 699 pages et 444 figures; 727 pages et 300 figures.

4856. **Engerrand, G.** *Six leçons de Préhistoire* (avec une préface de M. L. Capitan). Bruxelles, 1905. Volume in-12 de 263 pages et 124 figures.

4857. **Lucas, A.** *The Blackened Rocks of the vide Cataracts and of the Epyptian Deserts.* Le Caire, 1905. Extrait in-8° de 58 pages.

M. le *Secrétaire général* signale tout particulièrement à l'attention des membres l'important travail de MM. *A. Dollot*, *P. Godbille* et *G. Ramond* sur les plâtrières d'Argenteuil. (N° 4847 des *Dons et envois*.)

Communications des membres :

Il est donné lecture de la note suivante :

EUGÈNE MAILLIEUX. — Sur la présence de cristaux de Quartz dans le calcaire couvinien.

A environ 400 mètres au Nord-Ouest de la station de Couvin se trouve un puissant massif calcaire entamé par l'exploitation de fours à chaux. L'excellente coupe de cette carrière donnée dans *L'Ardenne* (1) par l'éminent stratigraphe lillois, M. J. Gosselet, est devenue, à présent, légèrement incomplète à cause de la mise au jour, au cours des travaux, d'éléments tertiaires en place. Nous nous proposons de revenir plus tard sur cette question et d'étudier alors l'argile éminemment plastique, renfermant de la pyrite ainsi que des traces végétales, argile qui remplit une faille affectant la partie septentrionale de la carrière.

Les bancs de calcaire de la partie inférieure appartenant à l'étage *couvinien* (2) sont coupés çà et là par de nombreuses fissures de retrait (*diaclases*) perpendiculaires au plan de ces couches, et dont l'intérieur forme de véritables géodes, que la Nature s'est plue à orner des cristallisations minérales les plus diverses. Les espèces les plus communes sont : la *Calcite* rhomboèdre, scalénoèdre, etc., la *Dolomite*, la *Fluorite*, la *Pyrite*, la *Barytine* (avec inclusions fibreuses, probablement de *Marcassite*) et, enfin, le *Quartz*. Cette dernière matière se présente sous la forme de cristaux presque toujours terminés aux deux extrémités, offrant des dodécaèdres à triangles isocèles, simples ou avec les faces du prisme hexagonal. Beaucoup de ces cristaux sont déformés, tantôt par diverses modifications non symétriques aux angles, tantôt par le développement excessif de quelques-unes de leurs faces. Il en est d'opaques, de teinte laiteuse; d'autres sont parfaitement limpides et incolores, et la plupart sont légèrement enfumés. Leurs dimensions varient depuis la taille *pisaire* jusque la

---

(1) J. GOSSELET, *L'Ardenne*. Paris, 1888. Voir p. 410, fig. 91.

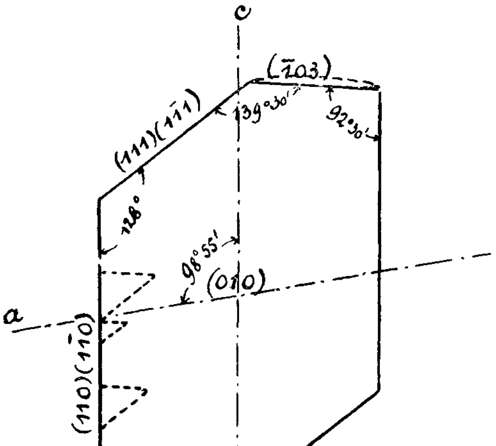
(2) *Cob m* de la Carte géologique de Belgique au 40 000e.

taille *avellanaire*, leur plus grand axe atteignant de $0^{m}002$ à $0^{m}027$; on en trouve, mais très rarement, de forme *aciculaire*. Ils sont le plus souvent isolés, et parfois combinés, au sein des groupes de cristaux de *Calcite* et de *Dolomite*. Leur principal intérêt réside dans ce fait que beaucoup d'entre eux possèdent des inclusions quasi microscopiques, dont je n'ai pu encore, jusqu'à présent, déterminer la nature (liquide ou gazeuse).

Il serait des plus intéressants de rechercher l'origine de ces cristaux de *Quartz* dans le calcaire couvinien, où M. C. Malaise (1) ne les signale pas. Cette question a été traitée, relativement au calcaire carbonifère, par Ch. de la Vallée Poussin, et il se pourrait qu'il y eût entre les deux cas beaucoup d'analogies.

Nous reprendrons cette étude lorsque nos matériaux, complétés dans la mesure du possible, nous permettront de le faire.

M. le capitaine Mathieu dit ensuite quelques mots au sujet des **Cristaux de gypse** signalés par M. Rutot **dans l'argile ligniteuse du Landenien supérieur à Leval-Trahegnies**



Ces cristaux sont prismatiques, atteignant $0^{m}02$ de hauteur et $0^{m}015$ d'épaisseur; ils sont allongés suivant l'axe *c*, dont la direction est donnée par l'arête (110) $(1\bar{1}0)$.

Les faces de prismes appartiennent aux formes }010{ et }110{. Ces prismes sont terminés par des faces appartenant aux formes }111{ et $\}\bar{1}03\{$. Les faces de la première forme sont assez régulières, quoique très légèrement courbées. Les faces $\}\bar{1}03\{$, au contraire, sont fortement bombées, comme l'indique le croquis ci-joint, donnant la coupe dans le cristal faite par le plan symétrique cristallographique *ac*. Ce bombement est d'ailleurs assez fréquent chez le gypse.

(1) C. Malaise, *Manuel de Minéralogie pratique*. Mons, 1881.

Les cristaux présentent, sur les faces et les arêtes de prismes, de véritables encoches remplies d'argile, et dans lesquelles on reconnaît bientôt une récurrence des faces $\}111\{$ et $\}\bar{1}03\{$, produite sans doute par la résistance locale offerte à la cristallisation par l'argile où les cristaux se sont formés. Nous avons indiqué en pointillé l'aspect en zig-zag que présente l'arête (110) $(1\bar{1}0)$ sous l'influence de ce phénomène.

Dans les anfractuosités ainsi constituées, on constate souvent la présence de petits cristaux implantés sur les premiers, et qui feront l'objet d'une prochaine communication.

H. Schardt. — **Note sur l'origine des sources vauclusiennes de la Doux** (source de l'Areuse) **et de la Noiraigue, canton de Neuchâtel.**

L'intéressante communication de M. le professeur *Schardt*, pour laquelle il avait eu la gracieuseté d'envoyer une belle carte hypsométrique muette à l'échelle du 25 000e et des coupes murales à l'échelle du 5 000e, a pour objet l'étude du bassin d'alimentation des deux sources vauclusiennes qui forment l'Areuse.

La région du canton de Neuchâtel comporte des plis surbaissés, donnant lieu à de vastes surfaces occupées par les calcaires du Jurassique supérieur, dont les eaux ont une circulation profonde, tandis que le régime n'est resté superficiel que dans des synclinaux à fond étanche, environ un neuvième de la surface totale.

Dans les vallées d'érosion profonde jaillissent donc de très grandes sources vauclusiennes.

L'auteur, étudiant la source de la Doux, fait remarquer que les eaux qui s'engouffrent dans le calcaire sont arrêtées au niveau de la marne argovienne ; le bassin d'alimentation en est donc limité par une série d'affleurements de cette marne, le long des anticlinaux. Il s'agissait de démontrer la réalité de cette conception théorique. A cet effet, M. Schardt a employé le procédé classique de la fluorescéine, aux cinq pertes principales de la petite partie étanche du bassin ; chaque fois, à des intervalles de temps très variables, il a démontré la relation souterraine. Il a pu également vérifier l'exactitude du raisonnement, grâce à la circonstance que le débit très variable de la Doux est jaugé très exactement ; malgré l'énorme variation de celui-ci, qui peut fluctuer entre 180 et 100,000 litres-seconde, on a donc pu établir son débit

moyen, qui correspond au débit calculé en évaluant le volume d'eau reçu par le bassin, connu par trois stations pluviométriques.

Une observation importante du professeur Schardt est celle relative à la vitesse très variable de la circulation de l'eau dans les canaux souterrains; les ondes de crue y sont transmises comme dans des conduites fermées.

(Le travail *in extenso* paraîtra dans les *Mémoires*.)

Prof[r] FEDERICO SACCO. — **L'Apennin septentrional et central.**

L'auteur a bien voulu, pour les *Procès-Verbaux*, nous envoyer le résumé suivant de son travail, destiné aux *Mémoires*.

L'auteur, dans le manuscrit envoyé, résume en quelques pages les études qu'il a faites pendant environ vingt ans dans la région apennique et présente ainsi un abrégé de ses longues recherches (1).

L'ouvrage peut se diviser en deux parties, l'une de Géologie pure et l'autre de Géologie appliquée.

Dans la première partie, l'auteur donne une description sommaire des caractères généraux, de la constitution lithologique, de la tectonique, du développement, etc., des différents terrains qui constituent l'Apennin, c'est-à-dire le Permo-carbonifère, le Trias (avec son facies soit schisteux-ophitifère, soit calcaire typique), le Jura-Trias, le Crétacé (de même avec son double facies schisteux-ophitifère et calcaire normal), l'Éocène, extraordinairement développé, soit calcaire, soit marneux arénacé, l'Oligocène, le Miocène (typique pour ses nombreux étages et fossiles), le Mio-pliocène (la fameuse zone *gesso-solfifera*), le Pliocène (marin et continental) et, enfin, le Pleistocène (avec ses trois faciès : diluvial, glaciaire et volcanique) et l'Holocène.

Dans la deuxième partie sont exposés les caractères applicatifs, largement entendus, de chacun des horizons géologiques prénommés, en les groupant en plusieurs chapitres, c'est-à-dire : Géomorphologie, Hydrologie, Anthropogéographie et Géodologie, Géoagrologie et Géologie économique.

(1) Sous ce même titre et avec un développement d'environ 400 pages, le travail vient de paraître, en italien, dans le *Boll. del R. Comitato geologico d'Italia.* Anno 1905, n° 4, p. 326.

A. Rutot. — **Géologie et Préhistoire.**

Au cours de son exposé et dans la description d'une coupe de limons à Saint-Acheul, l'auteur signale comme un niveau stratigraphiquement distinct un dépôt de terre à briques, qu'il sépare donc du limon sous-jacent, non argileux ni oxydé.

(Ce travail sera inséré aux *Mémoires* du tome XX [1906].)

M. le *Secrétaire général* fait observer qu'aux environs de Bruxelles, la terre à briques n'est qu'un *phénomène d'altération,* comme il l'a démontré autrefois en collaboration de M. Rutot lui-même; celle de Saint-Acheul, que M. Rutot considère comme un dépôt distinct de son substratum, ne serait-elle pas alors un limon des pentes, altéré et *déplacé,* qui serait venu recouvrir l'ergeron?

M. *Rutot* fait remarquer qu'il y a deux choses distinctes réunies sous le nom de *terre à briques :* la terre à briques, dans le Hainaut et à Saint-Acheul, est un dépôt absolument distinct du limon sous-jacent, et se trouve bien en place, alors que dans le Brabant, c'est simplement une partie altérée du limon sous-jacent.

A la demande de M. le Secrétaire général, M. *Rutot* accepte très volontiers de montrer au Musée d'histoire naturelle, aux membres de la Société, les collections d'outils préhistoriques qu'il a rassemblées.

La séance est levée à 10 h. 40.

ANNEXE A LA SÉANCE DU 19 DÉCEMBRE 1905.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Il terremoto calabrese, par Guido Alfani, D. S. P. — (*Rivista di fisica, matematica e scienze naturali*, anno VI, ottobre 1905, n° 71, p. 290.)

Les causes qui ont déterminé l'effroyable catastrophe de la Calabre sont probablement multiples. L'auteur se demande d'abord s'il y a une relation entre ces terribles événements et l'état anormal du Stromboli; il signale que le Vésuve, un peu après le tremblement de terre, vit son activité augmenter, et il attire l'attention sur l'éclipse qui avait eu lieu quelques jours avant.

Seule la partie sismographique du phénomène est abordée par P. Guido Alfani, d'après ses observations faites à Florence.

Dès que j'eus constaté, dit l'auteur, l'existence d'un sismogramme important tracé par mes appareils, je voulus déterminer la distance à laquelle s'était produit le sisme. Mais les premières ondes vibratoires, qui, comme je l'ai déjà expliqué, servent à cette détermination, étaient à peine marquées et fournissaient des chiffres tellement impossibles, qu'ils m'auraient donné une distance inconciliable avec d'autres chiffres évidents.

En tout cas, tous les sismogrammes étaient d'accord pour me dire que le tremblement de terre avait eu lieu au S.-S.-E. et avait été d'une extraordinaire violence, car les ondes enregistrées, non seulement présentaient une ampleur excessive, mais encore comprenaient des interférences correspondant à un bon nombre de minutes, signe évident, pour qui est du métier, qu'il s'agissait d'un sisme fort et éloigné.

L'étrangeté de l'ensemble de tous les sismogrammes me fit comprendre qu'il y avait là un cas tout spécial.

Le seul instrument dont je me servis efficacement pour mes calculs est le microsismographe Vicentini. Voici les faits :

L'appareil commença son tracé à $2^h46^m53^s$, avec des ondes très régulières et allant en augmentant, par 179 secondes, jusqu'à atteindre 105 et même 130 millimètres d'ampleur. Mais le tracé devint très irrégulier; des ellipses à directions très différentes de la première et très compliquées vinrent s'y ajouter. Les dernières d'entre elles se formèrent à 2^h59^m, et à 3^h25^m l'appareil rentrait dans le calme.

Pour la composante verticale, le mouvement commença à $2^h46^m50^s$ et alors se développèrent également deux systèmes d'ondes bien définies, les premières nettes et régulières, les autres très irrégulières et présentant beaucoup d'interférences. Les premières durèrent 2^h50^m et avaient une période de 1^s5; l'ensemble du groupe était grossièrement conique et allait en augmentant d'ampleur, jusqu'à atteindre 11 millimètres comme maximum. Le groupe suivant, qui allait d'abord en se renforçant et puis en s'affaiblissant peu à peu, dura jusqu'à 3^h17^m et atteignit l'ampleur maxima de 21 millimètres.

Si l'on considère comme ondes de *premier genre*, les ondes régulières décrites ci-dessus et si l'on prend pour leur durée la valeur de 2^m59^s et qu'on substitue ce chiffre dans la formule appropriée, on a 700 kilomètres pour la distance, ce qui concorde assez bien avec la réalité.

Les pendules horizontaux et les tromométrographes, au contraire, présentaient des ondulations très fortes dès les débuts, masquant ainsi les premiers tremblements. Les tromométrographes, en particulier, atteignirent, deux minutes à peine après le début, une ampleur de plus de 30 centimètres. Leurs plumes sortirent souvent des zones, heurtant les vis d'arrêt, et restèrent agitées pendant plus de deux heures.

De l'examen du tracé on peut donc tirer ces conclusions :

1° La secousse devait avoir son épicentre à une minime distance, d'après les premières ondes du pantographe et de la composante verticale du microsismographe Vicentini;

2° Elle devait être d'une intensité peu ordinaire, d'après l'ampleur des sismogrammes et les interférences évidentes et si fréquentes qu'ils présentaient à tous les microsismographes;

3° D'après les caractères du tracé, la secousse venait du S.-S.-E.;

4° Son lieu d'origine devait être assez profondément situé dans la croûte terrestre, et cela d'après le sursautement (mouvement vertical, *sussulto*) assez fort qui a aussi été enregistré à Florence, car autrement il eût été disproportionné avec l'ampleur obtenue au pantographe Vicentini.

L'intensité du phénomène et la profondeur de l'hypocentre conduisent à penser que :

1° La surface épicentrale devait être très étendue;

2° La durée des secousses suivant la principale (période intersismique) devait être très grande, ce qu'il y avait lieu de prévoir à cause de la profondeur de l'hypocentre et de l'intensité de la première secousse.

Ici l'auteur ajoute quelques mots sur certains phénomènes naturels qui se produisirent à l'occasion du tremblement de terre :

Bagliore (éclair) *del terremoto* ou *lampo sismico.*

Si, jusqu'à présent, on pouvait avoir des doutes sur la réalité du *lampo sismico*, par suite du peu de concordance des témoignages, il n'en est plus de même pour ce qui concerne la journée du 8 septembre. Dans la nuit, on vit un globe ou une traînée de feu traverser le ciel en suivant une ligne à peu près S.-N., produisant un fracas horrible et allant se perdre dans la mer. L'auteur ne garantit pas d'une manière absolue la réalité de cette courte description, mais il est certain cependant que la lumière a été vue par des centaines de personnes placées en des lieux très divers et très distants les uns des autres.

Bouillonnement de la mer. Hécatombe de poissons.

Au voisinage de la région dévastée, à environ 17 kilomètres, la mer était parfaitement calme, lorsque tout à coup elle se mit à tourbillonner rageusement, menaçant de submerger les barques des pêcheurs. Ce phénomène serait la preuve de la grandeur de la surface épicentrale et du mouvement sismique vertical. Les navires reçurent un choc comme s'ils avaient touché un écueil.

Un très grand nombre de poissons moururent absolument comme s'ils avaient été victimes d'un coup de dynamite. Ce phénomène serait dû à ce que l'eau étant incompressible, les poissons se trouvèrent pris entre une couche inférieure de l'eau en mouvement et un niveau supérieur encore ferme. Ceci explique mieux la mort de ces animaux, sur un rayon de 100 mètres, que la propagation, difficile à admettre, de gaz dans l'eau, à 100 mètres et plus de distance. La chair des poissons était comme dilacérée, rendue cotonneuse (*stoppato*), exactement comme ce qui se produit avec la dynamite.

Il y eut encore relèvement et abaissement rythmiques du niveau de la mer, avec un intervalle de quelques minutes, le matin suivant. Le fait fut remarqué sur le littoral calabrais, mais aussi à Messine, où malheureusement le maréographe s'arrêta juste au moment de la secousse et ne reprit son activité que le lendemain à 9^h40^m. A ce

moment, soit sept heures après le désastre, et Messine étant à 75 kilomètres de Monteleone, la mer s'abaissa et se releva encore de 10 centimètres par rapport à la moyenne normale et fut agitée durant vingt-huit heures.

La durée de l'oscillation complète enregistrée par le maréographe de Messine est de $7^{m}51^{s}$ (calculée sur 42 oscillations), ce qui équivaut à 4^{m} pour la durée d'une demi-oscillation. Cette dernière ayant été la même à Briatico, cela signifie que le mouvement de l'eau n'était pas superficiel, mais se produisait dans la masse entière, car, autrement, il se serait modifié selon le milieu où il aurait passé.

Il y eut également des phénomènes intéressants à terre, mais ce sont ceux qui se produisent d'habitude en pareil cas.

G. E.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ANNUELLE DE CLOTURE DE L'EXERCICE 1905.

SÉANCE DU 17 FÉVRIER 1906.

Présidence de M. **Ad. Kemna,** *président.*

La séance est ouverte à 4 h. 40 (21 membres sont présents).

Rapport annuel du Président :

M. le *Président* donne lecture du rapport suivant :

L'article 71 de nos statuts primitifs mettait l'assemblée générale obligatoirement l'avant-dernier dimanche de décembre, à 1 heure de relevée. Lors de la revision des statuts le 17 février 1898, on s'est borné à dire : « au mois de décembre de chaque année ».

Le dimanche est un mauvais jour; en théorie, tout le monde est libre; en pratique, on est souvent plus tenu qu'un autre jour. Et cela était surtout vrai pour l'avant-dernier dimanche de décembre, qui gravite autour de la date de Noël. Il faut éviter de mettre le réveillon familial en collision avec la science.

Les statuts primitifs déclaraient que « cette séance annuelle clôture l'exercice social ». Malheureusement, on ne peut décréter la clôture effective des comptes. Dans toutes les sociétés, l'assemblée générale est reculée, souvent de plusieurs mois, pour donner le temps de dresser un bilan exact. La même nécessité s'est imposée à notre Société, et je crains bien que rarement le bureau ait été en règle avec la lettre stricte des statuts.

Vous aurez peut-être remarqué la coïncidence de cette date du 17 février 1898 pour l'assemblée de 1897, avec notre réunion actuelle. Cette date est pour nous mémorable, elle est notre anniversaire. La Société, fondée en 1887, accomplit sa dix-neuvième année et entre demain dans sa vingtième. Nous avons célébré le premier décennaire par un banquet. Je suppose que vous serez d'accord pour nous conformer à ce précédent et pour décider dès aujourd'hui que nous clôturerons l'année qui commence par des agapes confraternelles.

Les rapports du Trésorier, du Bibliothécaire et de M. Lagrange renseignent sur la situation de la Société. Le Président a à vous faire le compte moral de l'activité scientifique.

Nous avons, au cours des séances, commémoré les pertes sensibles que la Société a faites cette année. Qu'il nous soit permis, à l'occasion du décès de Gustave Dewalque, d'exprimer à notre consœur la Société géologique de Liége nos sentiments de profonde condoléance; avec son Secrétaire général honoraire et fondateur disparaît, hélas, le dernier représentant de l'ancienne génération des géologues, auxquels nous sommes redevables des fondements de la géologie belge.

L'examen des 900 pages déjà publiées, le souvenir des séances récentes dont le compte rendu est déjà sous presse, montrent que dans les trois domaines principaux de la géologie, de l'hydrologie et de la paléontologie, il a été signalé un nombre considérable de faits nouveaux. Nos fournisseurs attitrés nous restent fidèles, et nous voyons aussi quelques noms nouveaux. Les citer tous serait refaire la table des matières du volume. Seule la paléontologie pourrait être mieux représentée.

La constatation des faits est incontestablement le commencement, la base de la science; mais ce n'est que le commencement. A de rares exceptions, nos collaborateurs ne s'en tiennent pas là. Il y a une tendance marquée à essayer de coordonner les faits, de les expliquer, de les examiner en fonction des théories. Cela est surtout très net dans le volume de 1905. Nous avons des travaux qui n'apportent que peu ou point de faits nouveaux. Mais les deux communications de M. Dollo n'en sont pas moins importantes, car la première nous explique les détails des différences entre les genres de Mosasaures comme des adaptations à des modes de vie différents; et la seconde rend claire la classification des Dinosauriens, qui était d'une confusion presque inextricable. De même M. Van de Wiele a groupé un nombre considérable de faits en une vue d'ensemble sur l'origine des Alpes en rapport avec la dépression méditerranéenne. Et M. Simoens nous a montré que même dans une zone restreinte, comme la vallée de la Senne, les questions les plus importantes trouvent leur application du moment qu'on voit les faits d'un peu haut. La théorie, c'est l'utilisation des faits pour une conception d'un degré intellectuel supérieur; c'est en géologie la tectonique, en paléontologie l'anatomie comparée et la phylogénie. On a quelque peu reproché à notre Société ces tendances; mais nous plaidons coupables; le reproche est si honorable que nous nous ferions tort en nous en défendant.

Les applications pratiques de la science ont, dès le début, été un des éléments de notre succès. Je relève dans le volume de 1905 des travaux sur la concordance des veines de houille dans les diverses mines, sur les morts terrains de la Campine, plusieurs notices importantes sur l'hydrologie. J'estime que nous payons amplement les subsides octroyés par les diverses autorités constituées.

La minéralogie, quoique fondamentale pour la géologie, est un domaine très spécial. Nous avions perdu en Renard un maître, en de Windt un jeune qui promettait. Notre volume n'en contient pas moins deux travaux montrant quelle lumière la cristallographie et la minéralogie peuvent apporter pour l'origine des roches et la tectonique en général. Grâce à MM. Mathieu et Prinz, une lacune fort sensible a été comblée dans nos publications.

L'anthropologie et la préhistoire sont à l'autre bout de la série; elles sont la continuation de la géologie. Il est inutile d'insister à nouveau sur la situation tout à fait dominante prise dans ce domaine par notre collègue Rutot. Accueillis au début par un scepticisme défiant, les éolithes ont rapidement fait leur chemin. De nombreux savants ont fait exprès le voyage de Bruxelles; ils sont venus, ils ont vu, et ils ont été convaincus. M. Rutot a bien voulu, tout récemment, diriger plusieurs visites de nos membres aux splendides galeries du Musée, où ses cailloux occupent une place d'honneur. Mais on ne peut vouloir l'harmonie universelle, et il reste des opposants jusqu'ici irréductibles. Ils sont utiles, car leurs objections suscitent toujours de nouveaux arguments, et nous leur devons en tous cas le lumineux exposé, avec pièces à l'appui, que M. Rutot a fait à la séance de décembre, réponse modérée et courtoise à des communications de nos collègues de Paris, MM. Marcelin Boule et de Lapparent.

Plusieurs excursions ont été dirigées par MM. Mourlon, Cornet et Simoens, auxquels nous tenons à adresser des remerciements chaleureux. Notre activité sur le terrain a été défavorablement influencée par la suite ininterrompue de congrès qui a marqué l'année jubilaire et par un mauvais temps persistant. Pour la grande excursion à Liége, nous avons été relativement favorisés; nous avons pu voir des choses intéressantes à l'Exposition et faire plusieurs courses aux environs, sous la conduite de MM. Lohest, Forir et Fourmarier. J'attache la plus grande importance à l'établissement de rapports cordiaux et étroits avec les géologues de Liége. Notre secrétaire, M. Greindl, vous fera le compte rendu de cette course.

A plusieurs reprises, l'attention du Conseil a été sérieusement appe-

lée sur les excursions. Elles ont pour but la vérification des faits nouveaux signalés en séance, la discussion sur place des points difficiles ou controversés. Ce double programme est en somme uniquement pour les professionnels ou les géologues accomplis; mais bon nombre des participants ne rentrent pas dans cette catégorie; l'excursion pour eux n'est profitable que moyennant des explications préliminaires. Je voudrais voir généralisé le système des notices, comme l'a fait M. Simoens pour sa course. Mais il y a plus encore : pourquoi ne pas faire des excursions uniquement d'initiation, où les membres verraient à l'œuvre la sonde, recueilleraient les échantillons, marqueraient les résultats sur une carte topographique et, rentrés chez eux, compléteraient le tracé géologique? Je suis sûr que beaucoup de nos collègues seraient heureux de redevenir des élèves, et des élèves zélés, si les autorités que nous avons le bonheur de posséder parmi nous voulaient assumer le rôle de professeurs. Nous leur serions d'autant plus reconnaissants que la tâche sera plus difficile; car il faut une préparation minutieuse pour une pareille excursion, un programme bien réfléchi, adapté à la localité spéciale pour que l'essentiel puisse bien être vu et le détail et l'accessoire laissé de côté pour ne pas produire la confusion. Nous projetons trois excursions de ce genre pour l'année 1906.

Voilà, Messieurs, le bilan fort écourté et très sec de nos travaux pendant l'année écoulée. Nous sommes mal placés pour juger de sa valeur, car nous sommes partie intéressée. Mais nous avons plusieurs éléments d'information, qu'il y a grand intérêt pour nous à prendre en considération.

On a dit que les fluctuations de la Bourse constituent pour les gouvernements un appareil de mesure, le baromètre de la confiance qu'ils inspirent. Pour nous, il y a toute une catégorie de critiques fort perspicaces, sans cesse occupés à nous donner des avis : c'est vous-mêmes, Messieurs, comme membres de la Société. Vous parlez un langage muet, mais fort éloquent pour qui veut le comprendre.

La situation du nombre des membres, comparée pour 1904 et 1905, s'établit comme suit :

	1904	1905
Membre protecteur	1	1
Membres honoraires	39	38
» associés étrangers	22	19
» effectifs	365	377
» associés regnicoles	63	64
	490	499

Le recrutement est donc suffisant pour combler les vides inévitables et même pour donner un léger accroissement. En somme, nous maintenons notre situation.

Du haut de la position éminente où votre bienveillance m'a appelé, à chaque séance je laisse errer mes regards sur l'assemblée et je compte. Généralement, je m'embrouille à dénombrer les rangs pressés des auditeurs. Sous le rapport de la fréquentation, nous avons lieu d'être satisfaits. La composition de l'ordre du jour a ici une grande influence : il faut varier les sujets, de façon que chaque séance puisse intéresser le plus grand nombre possible de catégories. Il faut ensuite faire court et clair. L'envoi d'épreuves préalables est une mesure utile en assurant une discussion mieux réfléchie et en permettant à nos membres de la province ou de l'étranger d'intervenir par correspondance.

Il y a un troisième point encore. Dans notre pays, les mécènes scientifiques ont le double tort d'être fort rares et trop intelligents. Sans être des spécialistes, ils savent juger et ils veulent en avoir pour leur argent. Ce serait une mauvaise spéculation de croire que les coups d'encensoir pourraient compenser le manque de sérieux, de valeur scientifique, d'utilité pratique du travail qu'ils ont subventionné.

Pour ces trois points, nous constatons : que nous gardons nos membres, qu'ils viennent nombreux aux séances et que cette année encore nous avons reçu un don important de la famille Solvay. En présence de ces faits, nous pouvons hasarder l'hypothèse que nous n'avons pas trop mal travaillé.

Nous avons également l'appréciation de nos pairs.

A la demande du Gouvernement, nous avons participé aux Expositions de Saint-Louis, en 1904, et de Liége, en 1905, et nous avons été gratifiés des plus hautes récompenses; nos Secrétaires, de même que notre ami Forir, de Liége, ont reçu une médaille d'argent comme organisateurs de la Classe de Géologie à Liége. Il y a eu d'autres distinctions diverses accordées à nos membres, dont nous prétendons qu'une partie de l'honneur rejaillit sur la Société; j'aurais à vous lire un long palmarès, si nous ne nous étions acquittés à mesure, dans nos séances ordinaires, de l'agréable mission de féliciter les décorés et les promus.

Le baron Louis, ministre de la Restauration, disait : « Faites-moi de la bonne politique, je vous ferai de bonnes finances. » La bonne politique, pour nous, consistant dans la valeur scientifique de nos travaux, nos finances devraient être dans une situation brillante. Mais pour les sociétés, c'est la réciproque de l'adage qui est la vérité pra-

tique; car les finances permettent, mais aussi délimitent l'activité. Ç'a été trop souvent le devoir pénible du Bureau d'être obligé de restreindre des communications, de réduire le luxe si nécessaire des planches, d'accepter l'intervention pécuniaire des auteurs pour faire bien. Certes, nous ne devons pas thésauriser, mais nous avons l'obligation absolue de réduire nos ambitions, de proportionner nos dépenses à nos ressources et d'exercer la plus stricte économie, sous peine de compromettre l'existence même de la Société. Il serait plus utile encore d'essayer d'accroître nos ressources en amenant de nouveaux membres; tous ceux qui s'intéressent à la géologie ou qui pourraient même y trouver leur profit ne sont pas encore parmi nous. Il faut surtout que nous fassions venir le candidat récalcitrant anonyme, celui qui nous a manqué cette année pour parfaire le chiffre rond de 500; que chacun de nous s'efforce de l'amener. Sans lui nous ne pourrons pas célébrer notre deuxième décennaire dans la paix du cœur et dans la satisfaction du devoir accompli. *(Applaudissements.)*

Présentation et élection de nouveaux membres.

Sont présentés et élus par le vote unanime de l'Assemblée :

En qualité de membres effectifs :

MM. Legrand, Louis, ingénieur, square Marguerite, 33, à Bruxelles, présenté par MM. Kersten et Van den Broeck;

Richoux, Eugène, ingénieur de la Société Générale, avenue de l'Hippodrome, 3, à Bruxelles, présenté par les mêmes.

En qualité de membres associés regnicoles :

MM. Desaubies, Félix, ingénieur à l'Administration des Chemins de fer de l'État, rue Verboeckhoven, 57, à Saint-Josse-ten-Noode, présenté par MM. Cosyns et Van Bogaert;

Robert, E., sous-lieutenant au 12e Régiment de ligne, licencié en sciences géographiques, rue des Champs, 22, à Liége, présenté par MM. Greindl et Van den Broeck.

Compte rendu sommaire de la session extraordinaire de 1905, tenue à Liége, avec excursions dans les terrains primaires des environs, par le baron L. GREINDL, Secrétaire.

La session annuelle extraordinaire de la Société s'est tenue cette année du 2 au 6 septembre; elle avait pour but de visiter la partie géologique de l'Exposition de Liége et de faire quelques excursions dans les terrains primaires, spécialement au point de vue tectonique.

Nos confrères de l'Université de Liége, MM. Max Lohest, professeur, H. Forir, répétiteur-conservateur, et P. Fourmarier, assistant du cours de géologie, avaient bien voulu se charger de la direction des excursions; nous tenons à leur adresser les plus chaleureux remerciements de la Société pour leur aimable collaboration. M. Forir avait consenti à assumer, en outre, l'ingrate besogne de la préparation matérielle des excursions; il a réussi à nous dissimuler la pauvreté de l'Ardenne.

Plus de trente membres s'étaient fait inscrire comme participant à la session; le temps plus que maussade des jours précédents en a fait reculer un grand nombre; par contre, aux excursions, sont arrivés quelques-uns de nos collègues qui ne s'étaient pas annoncés; de sorte que celles-ci ont été suivies par vingt à trente membres.

PREMIÈRE JOURNÉE. — SAMEDI 2 SEPTEMBRE.

La réunion préliminaire ne comprenait qu'une dizaine de participants; le Bureau de la session a été formé en conservant à notre Président, M. Kemna, ses fonctions de chairman, et en l'absence de notre Secrétaire général, empêché, en confiant au secrétaire baron Greindl le soin de retracer les travaux de la session.

La parole est donnée à M. le Secrétaire, qui annonce les adhésions qu'il a reçues et a le regret de communiquer les lettres de MM. Rutot, Stainier, Van den Broeck et Van de Wiele, empêchés au dernier moment d'assister à la session.

M. *H. Forir* expose alors, relativement à la région qui sera parcourue, quelques notions générales que nous résumerons succinctement.

Les deux points les plus intéressants des excursions sont relatifs à la pétrographie et à la tectonique.

En ce qui concerne la pétrographie, nous parcourrons pendant deux jours les régions classiques qui, étudiées par MM. Mourlon et Lohest, ont servi de base à la légende détaillée du Devonien supérieur, appliquée à la Carte géologique au 40000e; nous visiterons, dans la troisième journée, le massif cambrien, représenté par des sédiments de rivages sableux et argileux.

Comme chacun le sait, le Cambrien est divisé en trois assises : le Devillien, dont la partie inférieure comporte les quartzites de Hourt (*Dv1*) et la partie supérieure présente une prédominance de phyllades verts et violets, colorés par le fer à l'état de chlorite ou d'oligiste, mais contient cependant encore des bancs de quartzite; vient ensuite l'assise revinienne colorée en noir par un élément charbonneux (graphite?) et où le fer se trouve à l'état de carbonate; puis on trouve l'assise salmienne représentée à la partie inférieure par des quartzophyllades zonaires, gris ou noirâtres, tandis que la partie supérieure, teintée aussi par la chlorite ou l'oligiste, est très métamorphique dans la région explorée et contient de l'ottrélite, du coticule et des phyllades oligistifères. L'ordre de superposition de ses assises ne se révèle pas avec une grande clarté, et diverses opinions se sont produites sur ce sujet captieux. Dumont avait adopté la division sus-indiquée.

M. Gosselet, se basant sur l'inclinaison uniforme des strates vers le Sud, a voulu voir dans les roches rapportées au Devillien un facies spécial du Revinien. En somme, la question fréquemment controversée, et dont on peut trouver l'historique complet dans le mémoire publié par MM. Lohest et Forir (1), demandait de nouvelles observations. La découverte que les quartzites de Hourt constituent un dôme entouré d'auréoles concentriques des diverses subdivisions de Dumont confirme la manière de voir de cet illustre géologue, défendue par G. Dewalque à l'aide d'arguments paléontologiques.

Les excursions dans le terrain devonien supérieur nous montreront le développement des Psammites du Condroz, dans lesquels s'intercalent de petits bassins de Calcaire carbonifère. L'origine de ces roches est très différente : les premières sont des formations de rivages; les secondes se sont déposées dans les mers profondes. En ce qui concerne les Psammites, il nous sera donné de constater que les dépôts du Nord sont d'origine moins profonde que ceux du Sud; les grès y ont un plus grand développement, et le macigno s'y montre moins abondant.

---

(1) MM. Lohest et Forir, *Stratigraphie du massif cambrien de Stavelot.* (Ann. de la Soc. géol. de Belgique, t. XXV, 1899-1900.)

Quant aux considérations tectoniques, tout le monde sait que l'on est d'accord maintenant pour admettre trois grandes périodes de plissements :

1° Le plissement scandinave antédevonien, représenté en Europe par les plis de l'Écosse, du Nord de l'Angleterre et par la chaîne scandinave;

2° Le plissement hercynien;

3° Le plissement alpin.

Chacun de ces plis est grossièrement symétrique, mais dans les grands plis se trouvent localisés des plis moins importants, que dans l'enseignement on nomme *plis secondaires*; dans le centre des bassins, le surplissement des roches a produit des brèches locales.

Les excursions dans le bassin de Dinant nous montreront des synclinaux très réguliers, et comme nous serons au centre de ce grand pli, les plis secondaires se présenteront isoclinaux.

La troisième journée d'excursion, au contraire, aura lieu dans une zone où se montre, dans le Cambrien, le plissement scandinave accentué par le plissement hercynien, lequel apparaît seul dans le Devonien, surmontant le premier en discordance de stratification. Le caractère le plus frappant des plis du Cambrien, c'est qu'ils sont uniclinaux, avec leurs deux bords à peu près parallèles.

Les plis se répètent et s'empilent, serrés les uns sur les autres, de façon qu'au Nord du massif de Stavelot, la répétition des mêmes couches produit une largeur tout à fait anormale de l'affleurement du Revinien. Ce fait avait déjà été reconnu par M. Dewalque.

M. le *Président* remercie M. Forir de sa lumineuse conférence, qui a préparé les quelques membres qui ont eu la bonne fortune d'être présents à parcourir fructueusement les coupes qui seront étudiées.

Deuxième journée. — Dimanche 3 septembre.

Le programme de la deuxième journée était particulièrement chargé. La petite section de géologie contenait, en effet, plus de faits nouveaux qu'il n'était possible d'en expliquer en une matinée, et il avait bien fallu se limiter à regret à un petit nombre de points.

Les excursionnistes se pressaient nombreux dans la salle de géologie pour suivre les explications des conférenciers.

Coupes des morts terrains de la Campine.

L'attention se portait d'abord sur les treize vitrines bondées des échantillons des sondages en Campine étudiés par MM. Lohest, Forir et A. Habets, derrière lesquelles d'immenses panneaux couverts de coupes indiquaient l'interprétation donnée par ces messieurs aux morts terrains de recouvrement.

M. Forir fait remarquer qu'on a beaucoup critiqué les sondages en Campine et dit que leur rapidité rendait toute étude des terrains traversés quasi impossible. On peut, par l'examen des échantillons exposés ici, se rendre compte de l'exagération de ces critiques.

L'étude des sondages a certainement présenté d'énormes difficultés, et les raccordements semblaient d'abord tout à fait étranges.

M. A. Habets put heureusement se procurer les résultats des sondages du Limbourg hollandais, et l'étude du terrain houiller y démontra qu'il était impossible d'admettre une surface continue pour le toit du Houiller.

On fut ainsi amené à concevoir dans le Limbourg hollandais l'existence de failles déterminées d'abord grossièrement; ensuite, l'analyse des morts terrains conduisit à orienter ces failles du Sud-Est au Nord-Ouest. Dès lors, on conçoit que la nature des morts terrains affectés par ces failles puisse être entièrement différente de chaque côté de celles-ci.

Les coupes exposées ont été orientées parallèlement et perpendiculairement au faisceau de failles.

D'une façon générale, la superposition des morts terrains en Campine comporte de la craie, puis des sables glauconifères, une grande masse d'argile au-dessus de laquelle reparaissent des sables glauconifères, enfin le sable moséen.

La grande masse d'argile a pu, vers l'Ouest, être subdivisée en étages, grâce aux nummulites qu'elle contient. Il a été démontré que tous les terrains tertiaires compris entre l'Yprésien et le Rupelien supérieur sont représentés dans le Nord-Est de la Belgique par un facies argileux.

Si, procédant du connu à l'inconnu, on étudie d'abord les coupes perpendiculaires au réseau de failles dans le Limbourg hollandais, on y constate vers l'Est que les sables glauconifères, tongriens, surmontés de sables à lignite, reposent directement sur le terrain houiller; à

mesure que l'on s'avance vers l'Ouest, la constitution des morts terrains se complique; de nouveaux dépôts viennent s'interposer entre le Tongrien et le Houiller; les sables à lignites n'ont plus la composition uniforme de la région orientale, mais renferment des intercalations de sables glauconifères, fossilifères et d'argiles grises. Il en résulte que ces sables à lignites paraissent être l'équivalent sableux du Rupelien et du Tongrien. Ils sont recouverts, vers le Nord, de sables glauconifères, miocènes et pliocènes, surmontés eux-mêmes des sables moséens identiques aux sables à lignite du Rhin; quand ces deux sortes de dépôts sont mis en contact par une faille, on passe de l'un à l'autre sans s'en apercevoir; de là proviennent des confusions que seul peut éliminer un travail méthodique.

L'examen des coupes suffit à faire voir combien tous les résultats acquis sont concordants dès qu'on accepte l'idée du prolongement vers le Nord-Ouest des failles reconnues dans le Limbourg hollandais.

Appareil à comprimer les roches de M. le professeur Lohest.

M. Lohest expose que l'idée de reproduire expérimentalement les plissements est loin d'être nouvelle; cependant, tous les essais faits jusque maintenant avaient le grave défaut de ne pas être exécutés sous une pression correspondant à celle qu'ont évidemment supportée les bandes sédimentaires.

C'est pourquoi il a imaginé de faire construire un solide bâti de fer, dont une des parois peut se rapprocher à frottement doux de façon à produire la compression latérale; les objets à comprimer, bandes de terre plastique, cylindres de cire, etc., sont recouverts de sable.

Quand on produit la compression, on entend un bruit très particulier produit par le coincement mutuel des grains de sable, qui, refoulés les uns sur les autres, se tassent et se coincent au point qu'il devient bientôt impossible de faire encore fonctionner le verrin de serrage.

Il a déjà été procédé à un grand nombre d'essais, les uns de clivage, les autres de plissement, dont les assistants peuvent voir les résultats.

Le type de l'expérience de clivage est la compression d'un bâton cylindrique de cire déposé horizontalement; il se transforme en une sorte de voûte, à la surface de laquelle se dessinent les stries de deux plans de clivage; on voit que la matière a joué suivant ces plans et que le raccourcissement s'est produit par le déboîtement de coins succes-

sifs. Dans les mêmes conditions, la terre plastique prend la texture phylladeuse.

Une très intéressante expérience de plissement est celle qui consiste à plisser sous compression un ensemble de couches de composition différente. Disposons un certain nombre de bandes de terre plastique, que séparent des couches de graisse, et teintons la couche supérieure de terre glaise. L'expérience, poussée un peu loin, montre que la graisse est refluée au sommet des anticlinaux (ce qui fait songer à l'origine des gisements de pétrole) et injectée dans une cassure — faille qui part du sommet de l'anticlinal. Ne peut-on assimiler les queuvées dans les charbonnages à cette faille et dire que la houille s'est comportée en substance plastique?

Échantillons des sondages d'Eelen, Rothem, etc., exposés par le Musée géologique des Bassins houillers belges.

L'Exposition du Musée comporte les témoins de la bonne moitié des sondages faits en Campine. Malheureusement, ils n'ont été communiqués à M. Schmitz que fort longtemps après les travaux. Il n'y a que Rothem qu'il ait pu suivre. Notre collègue attire l'attention sur :

1° La première houille recoupée en Campine au sondage d'Asch;

2° Sur les échantillons des « Roches rouges » du Trias rencontré dans les sondages d'Eelen, de Gruitrode, de Oolen et surtout sur la belle série de Rothem;

3° Quelques carottes présentant des caractères lithologiques intéressants : des stratifications entrecroisées, des alternances de grès et de schistes, des remaniements de schistes dans du grès et vice versa, des poudingues, des minerais de fer, de zinc et de plomb;

4° Les sondages exposés appartiennent presque exclusivement à la zone inférieure, la zone pauvre en fossiles. Signalons seulement une fructification de Cycadofilicinée (?).

Fac-similé de la Station sismique de la Société, à Frameries.

Un malheureux incident prive de la lumière électrique l'appareil pendulaire exposé dans la cave simulant un bouveau, ce qui empêche M. Lagrange, l'organisateur de la Station, de nous expliquer l'appareil sur pièces.

La renaissance des études sismiques est due, nous dit-il, à la science allemande, et principalement à von Rebeur Paschwitz, élève d'Ehlert, dont le but avait été de mettre en évidence les marées terrestres d'ordre infiniment faible. A cette fin, von Rebeur avait imaginé un pendule spécial. Supposons, en effet, un pendule vertical : il se produit une inclinaison du sol, et le pendule oscille; mais il est clair que pour une faible inclinaison, le pendule vertical est désavantageux, car il ne la marquera que s'il est de grande longueur. Comment obtenir, dès lors, le support fixe nécessaire ? Le pendule horizontal de von Rebeur est équivalent à un pendule vertical de 30 à 40 mètres. On l'appelle pendule horizontal, et ce terme est impropre; car un pendule rigoureusement horizontal aurait un équilibre indifférent et ne serait d'aucune utilité. Quand l'axe du pendule est incliné d'une faible quantité, il prend une position d'équilibre, qui est celle de plus grande pente; si l'angle d'inclinaison est très faible, on peut aboutir à une forte rotation du pendule pour un léger déplacement du sol; on l'enregistre à l'aide d'un petit miroir.

Disons que le petit pendule de 20 centimètres environ, utilisé dans nos stations, équivaut à un pendule vertical de 22 mètres.

L'appareil, imaginé par von Rebeur, mit la marée terrestre en évidence; mais il enregistra aussi des vibrations particulières, qu'il fallut attribuer à des tremblements de terre lointains.

L'appareil à enregistrement photographique est d'une remarquable précision, mais il est extrêmement délicat, et son emploi amène une forte dépense annuelle; aussi M. Lagrange présente-t-il un pendule lourd, horizontal, à enregistrement mécanique, moins sensible, évidemment, que le pendule à miroir, mais singulièrement plus robuste et moins coûteux.

Les résultats généraux acquis par les observations pendulaires sont de plusieurs ordres; le plus important est certes la connaissance du mode de propagation des petits mouvements à l'intérieur du globe. Aux environs d'un centre de mouvement sismique, on ressent une ondulation de surface, qui se transforme en onde superficielle; lorsqu'on se trouve à grande distance de l'épicentre, il n'en est plus du tout ainsi; les courbes sismiques se présentent en plusieurs phases, et le temps qui s'écoule entre les deux premières phases permet de déterminer la distance à laquelle se trouve l'épicentre, mais il ne donne aucune indication sur sa direction.

La Belgique possède trois stations sismiques; la station de Frameries, établie par notre Société, est la seule souterraine en Europe.

Nous pouvons actuellement indiquer, par la comparaison des diagrammes enregistrés respectivement à Quenast et Uccle, au moment du grand tremblement de terre de Kaschgar, que le tracé d'Uccle est infiniment plus considérable à sensibilité égale; ce qui semble démontrer que le socle de Quenast appartient à une région stable de large étendue souterraine; il est à noter que les ébranlements des coups de mines n'affectent presque pas le pendule installé sur le roc de Quenast.

Reliefs géologiques exposés par l'Université de Liége.

M. P. Fourmarier attire l'attention des membres de la Société sur deux des reliefs du sol belge : l'un représentant le méandre recoupé de l'Amblève à la cascade de Coo; l'autre, celui de l'Ourthe à Comblain-au-Pont. Le même phénomène géographique, que nous pourrons constater de visu dans nos excursions, s'est produit par des causes totalement différentes.

Pour l'Amblève, le recoupement de la cascade de Coo est le fruit de l'enfoncement progressif de la rivière, accompagné de l'accentuation des méandres; la régularité des ensellements des lignes de faîte suffit à le prouver. L'Ourthe, à Comblain-au-Pont, a recoupé son sinus en passant d'abord dans une grotte, dont finalement la voûte s'est effondrée; des dépôts caillouteux roulés, cimentés par des stalagmites trouvés à flanc de coteau du tracé nouveau, démontrent péremptoirement la marche du phénomène.

Examen de la carte manuscrite au 160 000e de la Belgique.

Nous croyons ne plus devoir revenir sur l'examen de cette belle carte, exposée au compartiment de l'Administration des Mines, avec les autres publications du Service géologique; notre rapport sur ce sujet a paru dans le procès-verbal de la séance de novembre. Nous tenons à signaler la belle nouvelle coupe géologique, à grande échelle, s'étendant de Bruxelles à Gand, que le Service a pu publier grâce aux travaux de notre collègue, M. Van Bogaert, ingénieur en chef des Chemins de fer.

Fossiles houillers relatifs au bassin de Liége.

Le temps presse singulièrement les membres de la Société; aussi est-ce à regret qu'ils ne peuvent jeter qu'un regard rapide sur la magnifique exposition faite par M. Fourmarier, dans le local du Syndicat des

Charbonnages liégeois, d'empreintes végétales classées par ordre botanique en quatre classes : fougères, neuroptères, calamites et artérophyllites.

Visite du pavillon Raky. (Exposition Potonié.)

Cette intéressante exhibition nous apprend à connaître les tourbières. Un diorama donne une idée d'ensemble. Divers échantillons font toucher du doigt la ressemblance entre le passé des lignites et de la houille et le présent des tourbières.

Envahissement des régions marécageuses par la végétation; établissement de tourbières; croissance particulière des plantes adaptées à ces milieux; succession des divers régimes jusqu'au dernier, celui de bruyère.

Parmi ces régimes, un des plus intéressants est le régime sapropélien. Les plantes, les animaux aquatiques et les excréments de ces derniers s'accumulent au fond des eaux stagnantes ou semi stagnantes et y constituent une « boue de putréfaction ». Pure, elle donne le sapropel; mêlée à plus ou moins de sédiments, elle forme une roche sapropélienne. A cette classe appartiennent les kieselguhr, les schistes bitumineux, les roches fétides et toutes les roches-mères des pétroles.

M. Potonié expose du *pétrole* obtenu en traitant des plantes, des algues oléagineuses, par le même procédé qui en a obtenu, il y a dix ans, en traitant des animaux aquatiques. La putréfaction d'organismes des deux règnes peut donc donner du pétrole.

Visite du pavillon Canadien.

M. Obalski, directeur du Service géologique de la province de Québec, avait gracieusement invité notre Société à visiter les splendides collections minéralogiques et pétrographiques exposées par le Gouvernement canadien. Dans une petite conférence préparatoire, il nous donne une idée sommaire du pays dont le pavillon canadien expose les richesses naturelles. Il nous renseigne sur les procédés adoptés pour les travaux géologiques du Dominion. Une commission géologique, placée sous l'autorité du Gouvernement fédéral, confectionne la carte géologique; chaque province a son bureau des mines. Des échantillons de la carte générale et de cartes d'exploitations minières montrent l'activité de ces services.

Le Canada est favorisé par la nature; on y trouve trois magnifiques

bassins houillers : du Nord-Est, de l'Ouest et de l'île Van Couver; ce dernier est un bassin marin, dont certaines veines ont 32 pieds.

Les sociétaires admirent alors les splendides échantillons de serpentine contenant de l'amiante, de chalcopyrite chargée de nickel, les beaux matériaux de construction, le corindon mélangé à l'orthose et à l'amphibole hornblende, les superbes plaques de mica, de variété phlagofite, employées spécialement comme isolants, les minerais de fer, de chrome, de cobalt et de nickel, l'or natif du Yukon et du Nord-Est.

L'invasion du public dominical dans le pavillon mit prématurément fin à cette intéressante promenade dans les gîtes métallifères; mais, pour nous permettre de nous faire une idée juste de l'avenir brillant du Canada dans l'expansion mondiale, à notre départ chacun de nous fut gratifié d'un beau volume spécialement édité en vue de l'Exposition de Liége par le Ministère de l'Agriculture canadien, contenant l'histoire du pays, l'indication de ses productions et de ses ressources naturelles.

Cette visite terminait brillamment la série des intéressantes communications qui nous avaient été faites.

TROISIÈME JOURNÉE.

Coupe d'Esneux à Chanxhe dans la vallée de l'Ourthe, excursion dirigée par M. Lohest.

Le lundi 4 septembre, nous retrouvions à la gare d'Esneux notre directeur du jour, M. le professeur Lohest.

La coupe que nous devions suivre ayant déjà été longuement décrite aux points de vue stratigraphique et pétrographique, par notre distingué collègue M. Mourlon (1), on nous excusera d'être bref et de l'envisager plutôt au point de vue tectonique.

A Esneux, on se trouve au Nord-Est du bassin de Dinant, au centre du synclinal qu'il forme, partie remarquable au point de vue structural.

La montagne d'Esneux est formée par le calcaire du Devonien moyen; cette colline est orientée Est-Ouest, comme les couches que

---

(1) *Compte rendu de la session extraordinaire de la Société géologique de Belgique dans la vallée de l'Ourthe.* (Extrait des ANNALES, t. XXII.)

nous allons rencontrer; en suivant la voie ferrée d'Esneux vers le Sud, nous suivrons constamment le pendage des couches.

Le premier affleurement, formé de l'assise d'Esneux (*Fa1c*), comporte des couches inclinées vers le Sud de 45° environ, avec nombreuses cassures Nord-Sud, parfois minéralisées; dans les carrières, on y trouve parfois un remplissage de calcite et de galène; les couches sont recoupées par des failles avec pendage au Sud. Le psammite en est assez constant.

M. Mourlon fait remarquer que cette assise se présente avec la même épaisseur sur la Lesse, puis, après avoir été si uniforme, se transforme, à mesure qu'on avance vers l'Ouest et Philippeville, en grès, qui finit par être exploité pour pavés sur le territoire français.

Notre directeur nous fait remarquer qu'au-dessus des psammites, vient une roche celluleuse; c'est le *macigno* noduleux de Souverain-Pré (*Fa2a*), niveau assez constant, constituant un bon point de repère.

Ici l'inclinaison des couches est beaucoup moindre; ceci constitue une caractéristique des bassins psammitiques; à mesure qu'on se rapproche de l'axe du synclinal, les couches tendent à se présenter en plateure; il en est tout autrement des bassins carbonifères, dont le centre se montre très plissé, alors que les bords ont une faible inclinaison. Ceci nous enseigne qu'il n'est pas permis de déduire l'allure des couches profondes de celle des couches superficielles.

La première carrière que nous rencontrons est ouverte dans l'assise de Monfort (*Fa2b*); les couches exploitées y constituent des grès presque purs; la coupe montre quelques intercalations schisteuses, qui augmentent en avançant vers le Sud (Comblain-au-Pont).

A mesure que nous suivons la coupe de la carrière, nous nous élevons dans les couches; vers l'extrémité Sud de celle-ci, nous rencontrons l'assise d'Évieux (*Fa2c*), qui présente des accidents tectoniques que Briart considérait comme des failles.

M. Lohest croit à des discordances de stratification locales; en effet, il a trouvé à ces niveaux des traces de rivage, sous forme de ripple-marks, craquelures, etc.; c'est aussi à ce niveau que se présente souvent un conglomérat schistoïde et que l'on trouve les schistes à végétaux.

Au delà de cette première carrière, nous sommes en présence de la partie supérieure de l'assise d'Évieux; les couches deviennent horizontales; elles sont caractérisées par l'abondance du calcaire qu'elles renferment. Nous devions trouver au-dessus d'elles le calcaire carbonifère; il a disparu, mais il en reste un petit lambeau à Fontin.

On constate une fois de plus ici la concordance des traits hypsométriques et de la géologie; les sommets sont gréseux, les dépressions calcaires. Elles constituent des cuvettes qui donnent naissance à des sources; un petit ruisseau, qui descend du hameau de Fontin, prend sa source dans un petit bassin calcaire.

Le ruisseau de la Pisserotte, qui lui fait face sur la rive gauche de l'Ourthe, coule en partie suivant l'axe du synclinal. Il peut être regardé comme un résidu fossile puisque son bassin calcaire a disparu.

En effet, nous voyons à distance une carrière ouverte dans l'assise de Monfort, où les couches sont fortement redressées; de part et d'autre du ravin à flanc de coteau, on voit des tentatives d'exploitation de l'assise d'Évieux, formant ici le centre du synclinal.

A la halte de Souverain-Pré, nous constatons de magnifiques ripple-marks, qui ne peuvent avoir été produits par des causes tectoniques; notre attention est également attirée sur un gros banc mamelonné à cassure conchoïdale, constituant un horizon constant, dont on ne connaît pas d'explication rationnelle.

Au passage à niveau, nous sommes à nouveau dans le macigno de Souverain-Pré; il se présente très altéré, et nul ne pourrait soupçonner, en voyant cette roche friable et sableuse, que c'est elle qui a donné lieu à tant de difficultés dans le percement des tunnels de la Lesse. Nous constatons que les nodules du macigno ont leur axe allongé perpendiculairement à la stratification; l'origine de ces nodules semble donc devoir être rapportée à une cause tectonique.

Nous montons alors à flanc de coteau sur la terrasse d'une carrière, et nous trouvons sur un anticlinal de macigno, qui se dessine aussi dans le bois en face de nous sur la rive gauche de l'Ourthe. De part et d'autre, des exploitations dans l'assise de Monfort montrent les couches plongeant vers l'extérieur, et plus au Sud apparaît un nouveau synclinal ravin, dont le ruisseau du Ry d'Oneux vient du bassin calcaire de Villers-aux-Tours.

Nous arrivons à la carrière de la Gombe, la plus belle de l'Ourthe, pour l'exploitation du pavé de Monfort. On y voit une série de cassures Nord-Sud; l'une d'elles est minéralisée. Dans le fond, de magnifiques surfaces présentent les ripple-marks.

M. Lohest signale maintenant un nouveau point intéressant de géographie physique : le macigno de Souverain-Pré dessine un dôme à axe allongé qui est précisément suivi par la rivière dans sa branche Ouest-Est à Poulseur; le fait peut paraître bizarre de constater une vallée sur un anticlinal d'une roche de telle dureté. Pour lui, l'explication du

fait réside dans les failles, qui ont déchiqueté l'anticlinal, et ces cassures expliquent la déviation qu'a subie la rivière.

Une partie de ce dôme est encore conservée au coude à l'Est de Poulseur, et sous le taillis on distingue que le macigno dessine à peu près un M très ouvert, au delà des deux branches duquel s'exploite l'assise de Monfort.

Un réconfortant déjeuner à Poulseur nous prépare à l'étude de nouvelles coupes.

Nous débutons l'après-midi par le passage du pont privé qui mène à la grande carrière au Nord de Chanxhe et à l'Est de Poulseur. Elle est ouverte dans l'assise de Monfort, et les couches y plongent vers le Sud; nous marchons vers l'axe d'un synclinal plus abaissé que les précédents, comprenant le bassin de calcaire carbonifère de Sprimont. Un peu au Sud de la carrière, nous rencontrons pour la première fois l'assise de Comblain-au-Pont (*Fa2d*). Elle comporte ici une alternance de bancs de schiste et de bancs de calcaire se terminant par deux bancs de schiste noir, puis nous rencontrons des bancs épais de calcaire à crinoïdes et gros spirifers, qu'on a rapportés à *Spirifer glaber*. L'escalier qui descend vers le hameau de Chanxhe est taillé dans ces bancs.

Avant d'entamer la coupe naturelle du ravin de Chanxhe, notre directeur nous rappelle la classification qu'avait adoptée Dumont pour le système du calcaire carbonifère, en étage inférieur ou calcaire à crinoïdes, étage moyen ou dolomie et étage supérieur ou calcaire compact à *Productus*.

La route du ravin de Chanxhe recoupe par un lacet un groupe de couches qui comprend à la base le Famennien, puis le calcaire à *Spirifer glaber* du carbonifère, un banc de 10 mètres d'épaisseur de schistes à *Spir. octoplicatus*, les calcaires à crinoïdes suivis de la dolomie, puis de la brèche.

M. *Putzeys* attire l'attention sur un fait intéressant : le ravin de Chanxhe constitue une dépression sèche; il y a pour le moment encore une apparence de ruisseau, parce qu'il a beaucoup plu la veille; mais la majeure partie des eaux s'écoule souterrainement, donnant naissance à une source à l'entrée du ravin; l'eau en est limpide quand il n'a pas plu.

M. *Lohest* dit qu'on a souvent discuté l'origine des vallées sèches. Pour plusieurs auteurs, la vallée a toujours été d'abord superficielle; le phénomène de dissolution du calcaire, plus lent à se produire que l'effet mécanique du creusement de la vallée, continue à agir pour amener la résorption souterraine des eaux Dans ce cas, il est visible

que la vallée a été autrefois superficielle, car elle entame les schistes; il ne peut donc être question de supposer une dépression préliminaire par dissolution.

La montée du chemin nous amène alors à une grande carrière de petit granit, où l'on exploite la partie supérieure du calcaire carbonifère inférieur pour en faire des pavés. A cette carrière, on voit un banc de marbre noir, qui s'intercale entre le calcaire à crinoïdes et la dolomie.

Continuant notre route, nous rencontrons un peu au-dessus de La Préalle une tranchée qui nous montre le terme supérieur de la série du bassin de Chanxhe : c'est une brèche à éléments homogènes, où se voient des traces de stratification ; on y constate un chiffonnage des couches. Briart attribuait l'origine des brèches à un travail de friction; le cas en face duquel nous nous trouvons lui donne raison; mais il est prudent d'ajouter que toutes les brèches n'ont peut-être pas même origine.

M. *Simoens* se demande s'il ne faut pas voir dans les brèches des éléments remaniés de couches précédentes; il cite comme exemple les grès bruxelliens dans la base du Laekenien.

M. *Kaisin* fait remarquer que dans la brèche les fragments esquilleux sont très nets.

M. *Lohest* dit qu'indépendamment de toute idée théorique, il faut tenir compte du fait qu'il y a passage de la brèche à des couches nettement sédimentaires. Dans la vallée de la Meuse, on voit dans certaines coupes des couches fendillées entre deux autres qui ne le sont pas. Les couches fendillées ne sont-elles pas des couches tendant à la brèche? Cela indiquerait une origine nettement tectonique pour la brèche à éléments homogènes.

Quatrième journée.

Coupe de Rivage à Comblain-la-Tour, excursion dirigée par M. P. Fourmarier (1).

Un peu au Nord de la station de Rivage, la coupe de la rive droite de l'Ourthe nous montre l'assise de Monfort, avec son banc rouge caractéristique, puis les bancs de l'assise d'Évieux avec intercalations

(1) N'ayant pu assister à l'excursion de ce jour, nous devons le compte rendu de cette excursion aux notes prises par M. A. Hegenscheid.

de macignos et de schistes, que surmonte l'assise de Comblain-au-Pont; nous y rencontrons les mêmes bancs que la veille. Ces bancs sont onduleux et cassés par de petites failles, en correspondance avec les ondulations; les bancs calcaires sont intercalés de bancs de schistes, mais peu à peu l'importance des calcaires augmente, pour arriver finalement au calcaire à crinoïdes *T1a*.

M. *Mourlon* est d'avis que la séparation du Calcaire carbonifère et du Famennien est caractérisée au moment où les schistes cessent d'être psammitiques.

M. *P. Fourmarier* rappelle la division de l'étage tournaisien, que nous parcourons en remontant les couches :

T2b Calcaire d'Yvoir sans cherts.
T2a Calcaire d'Yvoir à cherts.
T1c et T2a Calcaire à cherts noirs, divisé en deux par des calcschistes.
T1c Bancs de dolomie.
T1c Calcaire à crinoïdes de Landelies.
T1b Schistes à *Sp. octoplicatus* (ils ont 12 mètres d'épaisseur).
T1a Bancs calcaires à *Spirifer glaber*.

Nous rencontrons ces diverses couches sur la rive droite, puis passons les ponts pour aller sur la rive gauche, à 700 mètres au Nord du pont de l'Ourthe, reprendre la coupe à partir de l'assise de Comblain-au-Pont, bord Nord du bassin calcaire.

Nous constatons que l'assise de Comblain-au-Pont présente des ondulations avec cassures plates et déplacement affectant l'ensemble des schistes et des psammites. Des bancs de calcaire *T1a* surmontent ces couches; l'assise *T1b* est cachée par la végétation et dessine une petite dépression très nette; en somme, la coupe classique.

L'assise *T2b* sans cherts constitue la pierre de taille, dite petit granit de l'Ourthe; cette roche, lorsqu'elle est disséquée par les agents atmosphériques, se montre pétrie de fossiles qui résistent un peu mieux aux intempéries, parce qu'ils sont formés de calcite cristallisée.

L'étage viséen, qui succède, ne montre plus de crinoïdes; il est compact; l'assise *V1a* est ici l'équivalent du marbre noir de Dinant, mais cette roche n'est pas exploitable; elle se présente d'abord en bancs plus minces, plus friables; aussi donne-t-elle lieu à une dépression hypsométrique.

On y voit ici une cassure remplie par une brèche de friction. L'assise de la grande dolomie *V1by* se présente moins développée qu'à Chanxhe.

A la suite du calcaire compact (*V2a*) sans subdivision, nous nous

trouvons en présence de la grande brèche (*V2cx*), différente par le ciment de celle qu'on voit à Namur; ici le ciment est *cristallin*. Un point intéressant à signaler est celui où l'on voit des couches broyées, non loin du pont en aval (un peu au delà de l'extrémité du garde-fou); la brèche elle-même en face est grossièrement stratifiée.

Nous abordons alors le bord Sud du synclinal, dont l'axe se voyait autrefois très bien; les couches y sont affectées de plissements caractéristiques des bords Sud d'un bassin; les allures sont semblables à celles du bassin houiller. Dans les brèches, on trouve des surfaces courbes.

Les excursionnistes étudient alors le cas du méandre abandonné de Comblain-au-Pont (1). On y trouve des cailloux roulés sur la terrasse Nord-Ouest, et vers Comblain-au-Pont, sur la rive droite, on voit des cailloux cimentés en poudingue par le calcaire de grotte, ce qui démontre péremptoirement que la rectification provient d'une grotte effondrée.

La coupe au Sud de Comblain-au-Pont se continue par les calcaires à cherts en bancs minces et la série des couches qui y sont inférieures; l'assise de Monfort se marque par une exploitation de pavés, et dessine un anticlinal suivi d'un synclinal, dans lequel est inclus un petit bassin de calcaire carbonifère donnant lieu à une source.

La coupe au Sud de Comblain-au-Pont permet de continuer la série descendante au delà de l'assise d'Esneux, par laquelle nous avions débuté la veille. Un peu avant d'arriver en face de Comblain-la-Tour, nous rencontrons des schistes calcareux et noduleux, suivis de couches calcaires; cet ensemble appartient à l'étage frasnien. Près du pont de Comblain-la-Tour, les calcaires frasniens inclinent vers le Nord; puis on voit les schistes frasniens plus récents que les calcaires et qui ici ont l'air d'être en dessous de ces derniers; il y a une faille qui a fait disparaître le flanc Sud, et les schistes du Famennien inférieur reparaissent, dessinant une forte dépression dans le terrain. Au delà, la série frasnienne reprend par les schistes calcareux noduleux, puis par le calcaire à Stromatopores et polypiers; dans ces bancs s'intercale une assise de dolomie stratifiée.

Sous les calcaires apparaît la dolomie massive formant la base de l'étage frasnien; en dessous se trouvent quelques mètres de schistes très fins, sans intercalation de calcaire et contenant de petits fossiles. C'est là un banc très constant dans la région séparant le Givetien et le Fras-

---

(1) Voir pour plus de détails : LOHEST et P. FOURMARIER, *L'évolution géographique des régions calcaires*. (ANN. SOC. GÉOL. DE BELGIQUE, t. XXX.)

nien ; on voit le même banc à Tailfer, mais la base du calcaire frasnien est représentée par du calcaire construit.

Les excursionnistes terminent là l'excursion du jour; la plupart prennent le train pour Stavelot, à proximité du rendez-vous du lendemain.

CINQUIÈME JOURNÉE.

Coupe de Trois-Ponts à Salm-Château, excursion dirigée par M. H. Forir (1).

Le rendez-vous scientifique pour cette journée était fixé à la gare de Trois-Ponts, où quelques-uns d'entre nous purent admirer à l'aise la superbe tranchée, cependant que les membres ayant couché à Stavelot se faisaient attendre.

M. Forir nous dit que nous sommes en face d'un splendide type du plissement revinien. La partie moyenne de l'étage revinien présente des phyllades et quartzites en quantité sensiblement égale ; c'est celle que nous voyons ici. Toutes les couches, malgré leur désordre apparent, se montrent inclinées vers le Sud, oscillant autour d'une moyenne de 45°; c'est de ce fait que provient l'opinion de von Dechen et Gosselet, disant qu'il n'y a pas plissement, mais une seule bande de Cambrien, allant ainsi depuis Sart jusque Grand-Halleux; or, on voit ici et ailleurs des plis monoclinaux qui font comprendre que le Revinien d'une épaisseur assez faible, ne dépassant pas 200 mètres, puisse occuper pareille surface.

Dans la tranchée qui nous occupe, on voit manifestement une cassure par accentuation d'un anticlinal.

D'une façon générale, ce sont les observations nouvelles faites par MM. Lohest et Forir, lors du lever de la carte, qui leur ont permis de trancher la question de la structure du massif; jamais celle-ci ne s'est montrée de façon très claire; cependant, en certains endroits où Dumont n'avait pas vu le Devillien supérieur, on a pu le découvrir et montrer ainsi qu'il y a une série de selles et de bassins renversés, laissant, au centre des anticlinaux, apparaître des noyaux devilliens.

---

(1) Les observations faites au courant de cette excursion, avec de nombreuses autres, sont relatées dans :

LOHEST et H. FORIR. *Stratigraphie du massif cambrien de Stavelot.* (ANN. SOC. GÉOL. DE BELGIQUE, t. XXV*bis*);

Allure du Cambrien au Sud de Vielsalm. (IBID., t. XXVIII);

Quelques observations nouvelles sur le Salmien supérieur. (IBID., t. XXX.)

Nous montons en voiture et suivons constamment la route directe vers Vielsalm.

Un peu au delà de la borne 2, on voit la roche mise à nu au-dessus de l'entrée du tunnel du chemin de fer; le pendage des couches y est dirigé vers le Nord, contrairement à ce qui se voit presque partout ailleurs.

Au pont sur la Salm, on peut observer une petite tranchée où se montrent les phyllades verts, peu visibles, avec *Oldhamia radiata*. C'est dans la tranchée du chemin de fer, sur l'autre rive, que se voit le mieux le passage du Revinien au Devillien.

Vers la borne 5, nous arrivons au moulin de Roglinval, endroit connu de tous les géologues; on y exploite le quartzite devillien supérieur, intercalé entre des bancs de phyllades contenant parfois *Oldhamia radiata*.

Aussitôt nous cherchons tous avec ardeur et notre zèle ne tarde pas à être récompensé par la découverte d'un échantillon à empreintes très nombreuses. Nous venons à peine de quitter le sol revinien, sur lequel nous nous trouvions depuis Trois-Ponts et dont la limite se trouve dans un pâturage, à quelques pas du moulin, et déjà se marque dans le paysage l'influence très manifeste du changement de roches. Les phyllades verts sont très altérables, d'où résulte un évasement remarquable de la vallée aux environs de Grand-Halleux.

Nous nous arrêtons un moment dans ce village, où l'on nous fait goûter l'eau d'un Pouhon, captée d'une façon plus que primitive.

A la borne 105 (numérotage du Luxembourg) se trouvent les splendides roches de Hourt; nous y voyons encore les phyllades verts inclinant au Sud et paraissant surmontés par les quartzites blancs qui forment les roches les plus inférieures de Belgique.

MM. Lohest et Forir ont battu toutes les petites exploitations de ces roches depuis de nombreuses années et ils ont été assez heureux pour voir, dans une petite carrière, un joint schisteux inclinant vers l'Est; nous nous trouvons donc ici devant l'extrémité d'un dôme.

La voûte des quartzites blancs de Hourt montre que le Devillien inférieur comporte au moins deux dômes, dont le méridional est admirablement visible sur la rive gauche de la Salm, dômes entre lesquels se trouve un repli, visible dans la tranchée du chemin de fer; ce repli affecte toute la masse du socle cambrien et se retrouve très développé jusque dans l'étage salmien inférieur.

A l'entrée de Vielsalm, nous nous trouvons dans la bordure du massif

et abordons l'étage salmien par les phyllades zonaires dont nous voyons plusieurs bons affleurements avant d'arriver à l'hôtel.

L'après-midi, notre programme comportait l'étude de la vallée au Sud de Vielsalm, étude d'une complication intéressante, puisque la non-correspondance des deux versants a démontré à MM. Lohest et Forir l'existence d'une faille ayant la direction de la vallée.

Un peu au delà de la station, nous voyons, suivant la rive droite, une ancienne carrière de phyllade ottrélitifère; en face, sur l'autre rive, nous en voyons une autre. On pourrait croire qu'on a affaire aux mêmes roches; il n'en est rien, car immédiatement au Sud, d'une part, rive droite, nous sommes dans le Salmien inférieur, tandis que sur la rive gauche se montre le coticule, roche culminante du Salmien.

Nous dépassons un peu Salm-Château vers le Sud, afin de voir une carrière ouverte dans l'arkose gedinnienne, d'aspect très varié.

Nous suivons alors la rive gauche à flanc de coteau.

A Salm-Château, nous recherchons des minéraux dans le talus près du viaduc; c'est le seul endroit où se trouve de la dewalquite. Le sentier pittoresque qui mène aux carrières d'ardoise et de coticule nous fait découvrir un panorama admirable.

Nous terminons enfin cette excursion intéressante par la visite de la tranchée de la gare, où se voit le contact entre les deux assises du Salmien.

Avant l'heure du train et de la séparation, notre Président, M. Kemna, dans un de ces speechs improvisés, d'humour charmante, dont il a le secret, remerciait notre guide du jour, M. H. Forir, se félicitant des bonnes relations établies entre lui et ses collègues de l'Université et les membres de notre Société, remerciant aussi la nature clémente, qui avait épargné nos excursions.

M. le Trésorier *Ch. Fiévez* donne lecture de son rapport et dépose le projet de budget, approuvé par le Conseil, de l'exercice 1906 :

RAPPORT DU TRÉSORIER.

J'ai l'honneur de vous rendre compte de la situation financière en la résumant dans un tableau synoptique.

Ce système très clair permet de se faire une idée exacte de la situation financière.

La balance fait apparaître un déficit de fr. 1 079.46.

J'ai porté comme prévision de recettes 2 000 francs de subsides

relatifs aux exercices 1903 et 1904 dont le Gouvernement a différé la liquidation. Si les assurances qu'il nous a données par sa correspondance du 27 août 1902 étaient trop retardées, notre situation deviendrait très grave, car le déficit se monterait alors à fr. 3 079.46.

RECETTES.	DE 1904.	EXERCICE 1905. EN 1905.	EXERCICE 1905. A RECEVOIR.	ACTIF.
Encaisse au 13 décembre 1904 . .	448 97	—	—	
Cotisations de 1903-1904	35 »	—	—	
— de 1905	—	4,654 65	915 »	
Intérêts des garanties	—	456 60	—	
Ventes et abonnements	403 21	611 40	497 90	
Subsides :				
Ville d'Anvers	500 »	500 »	—	
Province d'Anvers.	—	—	200 »	
Province de Brabant	—	1,000 »	—	
État belge, exercices 1903-1904.	—	—	2,000 »	
État belge	—	—	1,000 »	
Ministère du Travail (Bibliothèque)	—	300 »	—	
Don de M. Van de Wiele, pour contribution à la planche de son travail.	—	200 »	—	
Divers	—	15 25	—	
Sommes restant à recevoir.	. . . .	. . . .		4,612 90
Sommes perçues.	1,387 18	7,737 90	—	9,125 08
Stations microsismiques. — Dons de la famille Solvay.	—	3,700 »	—	3,700 »
Carte pluviométrique (réserve) . .	2,800 »	—	—	13,000 »
Membres à vie et compte de garantie.	10,200 »	—	—	
Balance	. . . .	. . . .	. . . .	1,079 46
TOTAUX. . .	14,387 18	11,437 90	4,612 90	31,517 44

DÉPENSES.	DE 1904.	EXERCICE 1905. EN 1905.	EXERCICE 1905. A PAYER.	PASSIF.
Bulletin, mémoires, tirés à part, procès-verbaux, tables . . .	2.000 94	4.013 20	887 68	
Id. sous presse	—	—	1.131 »	
Planches, photogravures	151 15	855 81	51 57	
Planche de M. le Dr Van de Wiele .	—	390 »	—	
Port, distributions et prévision . .	196 11	74 30	305 72 219 15	
Frais de bureau, séances et divers	194 70	768 87	117 90	
Traitements aux employés et indemnités	215 »	1,367 90	—	
Service de la bibliothèque et abonnements	101 98	273 52	—	
Ce qui donne :				
en prévision de dépenses. . .	. . . .	. . .		2,712 02
et en dépenses. . .	2,859 88	7,743 60	—	10,603 48
Stations microsismiques :				
Appareils, frais de déplacement et réserve de fr. 36.54 au 1er novembre 1905	215 »	694 65	36 54	946 19 *
Dépenses en novembre 1905 . .	—	336 10	—	336 10
Balance du compte sismique . . .	—	—	3,363 90	14,563 90
Portefeuille des garanties, valeur nominale	—	—	11.200 »	
Fonds payés pour recherches sismiques	1,600 »	—	—	1,600 »
Emprunt au portefeuille : (1,700 » — 945 25) . . . . . (*) (946 19 = 945 25 + 0 94) réserve au 31 déc. 1904.	—	—	754 75	754 75
Totaux. . .	4,674 88	8 774 35	18,068 21	31,517 44

Situation financière présentée par le Trésorier soussigné et vérifiée par la Commission de vérification.

Ch. Fiévez

Budget pour 1906.

Recettes.

Cotisations et droits d'entrée (350 × 15 + 65 × 5) . . . . fr.	5,575	»
Ventes et abonnements	350	»
Subsides : État belge	1,000	»
— province de Brabant	1,000	»
— province d'Anvers	200	»
— ville d'Anvers	500	»
— pour la Bibliothèque	300	»
Intérêts des garanties	460	»
Total. . . . fr.	9,385	»

Dépenses.

Amortissement du déficit . . . . fr.	430	»
Impression du tome XX	5,500	»
Planches, photogravures	600	»
Traitements, indemnités	1,245	»
Frais généraux divers	1,610	»
Total. . . . fr.	9,385	»

Il est à remarquer que, faute de ressources suffisantes, nous ne pourrons pas consacrer aux publications de 1906 la somme nécessaire pour obtenir un volume en rapport avec notre vitalité scientifique ni avec les tomes du *Bulletin* de ces dernières années.

Le Trésorier,
CH. FIÉVEZ.

Rapport de M. le Bibliothécaire :

MESSIEURS,

Satisfaisant au désir qu'a bien voulu m'exprimer M. le Président, j'ai l'honneur de vous présenter un exposé de la situation actuelle de la Bibliothèque.

Vous savez, Messieurs, que nous avons suivi le Service géologique dans les nouveaux locaux qui lui ont été assignés au Palais du Cinquantenaire, où il nous a été affecté, pour nos livres et documents, un emplacement spécial dans la bibliothèque générale.

Nous y occupons 222 mètres de rayons pour 371 périodiques, représentés par environ 4500 volumes. Ceux-ci sont classés par pays et par sociétés *dans l'ordre figuré sur la liste imprimée des Sociétés et Institutions en relation d'échange de publications avec nous.*

Je compte apporter, avec votre autorisation et celle du directeur du Service géologique, une petite modification dans cet arrangement.

Je voudrais, ensuite du classement général par pays, subdiviser les périodiques plutôt par *ordre numérique*. Ceci nous donnerait l'immense facilité de pouvoir mettre immédiatement la main sur un volume désiré, sans recherche et sans avoir à consulter aucune liste ni catalogue. Il en résulterait encore un autre avantage : celui d'éviter l'intercalation de toute nouvelle collection de périodiques résultant d'un nouvel échange, travail fastidieux, nécessitant parfois le déplacement de plusieurs rayons de livres. Il suffirait, en effet, de réserver une place libre à la fin de chaque pays.

En échange de ces périodiques, nous fournissons notre collection du *Bulletin* à 166 institutions et nos *Procès-Verbaux* à 52.

Pour ce qui est des tirés à part et des publications spéciales, j'ai obtenu de M. le Directeur du Service géologique de les conserver dans mon propre bureau, où ils sont soigneusement rangés, par ordre de numéros, dans des boîtes à l'abri de la poussière. Cette mesure a l'heureux résultat de simplifier le service des prêts.

Le catalogue des publications, cartes et tirés à part, dont le nombre s'élève à 4 857, est confectionné de deux manières différentes : la première, imprimée, figure dans nos Procès-Verbaux mensuels par ordre numérique sous la rubrique *Dons et Envois reçus*, et la deuxième, manuscrite, par ordre alphabétique d'auteurs, sur fiches. Je suis occupé présentement à transformer ces dernières, d'un modèle assez grand, et à les ramener au format adopté par la section de bibliographie du Service géologique.

Le catalogue des périodiques est confectionné sur fiches, chacune des sociétés correspondantes ayant la sienne.

En plus, il est dressé annuellement l'inventaire des numéros reçus de chaque publication périodique durant l'exercice. Ce relevé figure au *Bulletin* dans la série des tables de fin d'année.

Il me reste, Messieurs, à vous signaler l'extension de plus en plus grande que prend le service des échanges, dont le nombre s'est accru, pour cette année, de 18 sociétés, ce qui en porte le nombre total à 247. Celui-ci sera notablement augmenté encore pour l'exercice prochain, à en juger par les nombreuses propositions en voie d'aboutissement.

Sur la proposition de M. le Dr *Van de Wiele*, l'assemblée adresse, par acclamations, des remerciements à tous les membres du Bureau en reconnaissance du zèle et du dévouement qu'ils ont apportés dans leurs fonctions durant l'exercice écoulé.

Session annuelle extraordinaire de 1906 et programme des excursions de l'année. — Conférences.

M. le *Secrétaire général*, se faisant l'interprète des membres du Conseil, propose de tenir la session extraordinaire dans l'Entre-Sambre-et-Meuse; on y débuterait par la vallée de la Molignée, dont la visite, sous la conduite de M. Simoens, est si malencontreusement restée inachevée en 1905; la Société étudierait la géologie des environs de Dinant et visiterait la nouvelle grotte de cette localité; enfin on réaliserait l'excursion depuis si longtemps projetée aux environs de Couvin, auxquels seraient consacrées deux journées de la session, qui aura lieu probablement en août, pendant la semaine de l'Assomption.

L'Assemblée se rallie à cette proposition et charge le Bureau de présenter ultérieurement un programme plus complet de la Session. Un Comité spécial sera constitué pour en préparer l'organisation.

Au point de vue des excursions ordinaires, de nombreuses propositions sont parvenues au Bureau. L'année sera féconde à ce point de vue si on parvient à les réaliser toutes :

1° Deux excursions, de deux jours chacun, sont proposées sur le territoire hollandais; l'une à Ruremonde, Venloo et Tegelen, concernant les argilières; l'autre, hydrologique, à Turnhout, Tilburg et Breda. Il semble préférable de ne réaliser que la première de ces excursions cette année, en la faisant précéder d'une excursion dans le site classique de la Campine : Ryckevorsel et environs, sous la conduite de M. *Mourlon*, ce qui rafraîchira les souvenirs, en vue de procéder avec fruit à l'excursion aux argiles de Tegelen;

2° A l'occasion de la publication de la planchette géologique de Lubbeek-Glabbeck, M. *Van den Broeck* se propose de faire faire aux membres de la Société une intéressante course dans l'échelle stratigraphique éocène, oligocène, miocène et pliocène des dépôts de cette région;

3° M. *Rutot* s'offre à nous conduire aux carrières de Tirlemont, que nous n'avons plus visitées depuis longtemps;

4° M. *J. Cornet* a accepté, l'an dernier, de nous faire visiter le gîte cuprifère de Rouvreroy, des plus intéressants au point de vue minéralogique, seule concession de mine de cuivre, aujourd'hui abandonnée, d'ailleurs, qui ait été accordée en Belgique;

5° La Société sera invitée à visiter, à Louvain, le Musée des Bassins houillers belges, lorsque les nouvelles installations en seront terminées.

Le Conseil s'est proposé de compléter ce programme, comme vient de le dire le Président, par des excursions d'initiation, pour lesquelles se sont déjà offerts M. *Rutot*, pour un lever stratigraphique le long du chemin de Jette, et M. *Simoens*, pour l'étude d'une faille.

Nous donnerons enfin quelques conférences; M. *Schmitz* a accepté de nous parler le 6 mars prochain du « Mode de formation de la houille ». Nous comptons, en une ou deux séances, vous montrer les clichés de phénomènes géologiques, publiés par la « British Geological Association », et les comparer aux sites analogues de Belgique.

L'assemblée procède ensuite à la nomination de membres honoraires et d'un membre associé étranger; d'accord avec le Bureau, elle élit :

En qualité de membres honoraires :

MM. Martel, E.-A., Secrétaire général de la Société de spéléologie, 23, rue d'Aumale, à Paris.

Weinschenk, Ernest, professeur de pétrographie à l'Université de Munich.

En qualité de membre associé étranger :

M. Schardt, professeur de géologie, à Veytaux (lac de Genève, Suisse).

Communications diverses du Conseil :

M. le *Secrétaire général* signale l'invitation que la Société a reçue à assister à la manifestation organisée en l'honneur du 200e anniversaire de la mort de *Benjamin Franklin;* il propose — et l'assemblée le ratifie — de demander à M. *Stevenson,* membre effectif de la Société à New-York, de bien vouloir représenter la Société à cette manifestation.

Enfin, M. *Van den Broeck* fait connaître que la Société est saisie en sa personne, avec prière de réponse immédiate, de la question de l'organisation, en Belgique, du prochain Congrès géologique international. Cette question, qui ne peut être résolue sans l'appui moral et financier du Gouvernement, fera l'objet d'un examen spécial, et des démarches seront entreprises avec le concours de MM. *Lohest* et *Mourlon,* auxquels on s'est adressé également, afin de permettre à la Belgique d'accepter le grand honneur qui lui est proposé, d'organiser le prochain Congrès géologique international.

Heure des séances. — M. le *Président* aborde ensuite la question de l'heure des séances de la Société, au sujet de laquelle des demandes de modifications sont parvenues. Cette question, d'une importance considérable, a été longuement discutée en séance du Conseil et fait encore l'objet de nombreuses observations de la part de l'assemblée.

Après mûr examen, il est décidé, *à titre d'essai,* de fixer au 3e *mardi du mois*, **à 4 heures et demie**, les séances des mois de mars, juin et novembre.

ÉLECTIONS.

L'ordre du jour appelle ensuite les élections.

Élection de quatre Vice-Présidents :

Sont élus : MM. de Dorlodot, Jacques, Mourlon et Willems.

Élection de quatre délégués du Conseil :

Sont élus : MM. Cuvelier, Gilbert, Rutot et Stainier.

Élection de trois membres du Conseil :

Sont élus : MM. Fievez, Kersten et Simoens.

Élection d'un membre du Comité des publications :

Est élu : M. le Dr Van de Wiele.

COMPOSITION DU BUREAU, DU CONSEIL ET DES COMITÉS.

Par suite des élections ci-dessus indiquées, le Conseil (1) est constitué ainsi qu'il suit pour l'exercice 1905 :

Président : **Ad. Kemna.**

Vice-Présidents :

H. de Dorlodot, V. Jacques, M. Mourlon, J. Willems.

Secrétaire général : **E. Van den Broeck.**

Trésorier : **Ch. Fievez.** *Secrétaire :* **Baron L. Greindl.** *Bibliothécaire :* **L. Devaivre.**

Délégués du Conseil :

E. Cuvelier, Th. Gilbert, A. Rutot, X. Stainier.

(1) Le *Bureau* est constitué par le Président, les quatre Vice-Présidents, le Secrétaire général, le Secrétaire et les quatre Délégués du Conseil.

Membres du Conseil :

F. de Schryvere, Ch. Fievez, J. Kersten, E. Mathieu, G. Simoens, C. Van de Wiele.

COMITÉS SPÉCIAUX.

COMITÉ DE VÉRIFICATION DES COMPTES :

L. Bauwens, A. De Busschere, H. Lebon.

COMITÉ DES PUBLICATIONS :

E. Cuvelier, V. Jacques, C. Van de Wiele.

COMITÉ DES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION :

Président : **J. Willems.**

Membres :

Gillet, H. Rabozée, Cl. Van Bogaert, P. Van Ysendyck.

COMITÉ PERMANENT D'ÉTUDES DU GRISOU :

(Voir les listes spéciales des années antérieures.)

MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE

DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE

(BRUXELLES)

Tome XIX

(Deuxième série, tome IX)

ANNÉE 1905

BRUXELLES

HAYEZ, IMPRIMEUR DES ACADÉMIES ROYALES DE BELGIQUE

112, rue de Louvain, 112

MÉMOIRES
DE LA
SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE, DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE
BRUXELLES
TOME XIX — ANNÉE 1905

STRATIGRAPHIE
DU
BASSIN HOUILLER DE LIÉGE

PAR

X. STAINIER
Docteur en sciences naturelles,
Professeur de Géologie à l'Université de Gand,
Membre de la Commission de la Carte géologique de Belgique.

PREMIÈRE PARTIE (1)

Rive gauche de la Meuse

Planche I

PRÉAMBULE

J'ai publié, il y a trois ans, un travail sous un titre analogue et consacré à la description de la partie orientale du bassin houiller du Hainaut.

Depuis lors, le désir de comparer la constitution géologique de ce bassin avec celle du bassin de Liége m'a entraîné à synthétiser les matériaux que je possédais déjà sur ce bassin et à en recueillir de nouveaux. C'est le résultat de ce travail que j'offre aujourd'hui au public. Ma besogne a été singulièrement facilitée pour le pays de Liége par l'existence de travaux remarquables sur le Houiller de cette région, parmi lesquels je citerai tout spécialement ceux de MM. R. Malherbe, J. de Macar, L. Jacques, Ad. Firket. Comme toujours, j'ai reçu dans le bassin le meilleur accueil, et c'est à la générosité et au désintéressement de tous les exploitants que je dois les matériaux sans lesquels jamais ce travail n'aurait pu voir le jour.

J'ai tracé cette étude exactement d'après les mêmes principes et d'après le même plan que son aînée. Le tableau graphique qui l'accom-

(1) Présentée à la séance du 19 juillet 1904.

pagne et la résume en quelque sorte, a été composé aussi, exactement comme l'autre, et les moyens de représentation ont été systématiquement choisis les mêmes. A défaut d'autres avantages, ce système a tout au moins celui de faciliter les comparaisons, un des buts principaux que j'ai poursuivis en entreprenant ce travail.

La partie du bassin liégeois dont nous allons parler dans les lignes qui vont suivre, comprend les concessions charbonnières situées sur la rive gauche de la Meuse, depuis le village de Saint-Georges-Warfusée jusqu'à la limite Nord du bassin à Oupeye.

PREMIÈRE PARTIE

STRATIGRAPHIE

§ 1. — Houiller proprement dit ou étage westphalien.

Assise supérieure ou assise de Charleroi.

Chapitre I. — Faisceau de Saint-Gilles.

Comme partout ailleurs en Belgique, les couches les plus élevées sont, aujourd'hui, d'une étude extrêmement difficile. Presque partout, en effet, ces couches sont épuisées à cause de leur facilité d'exploitation et de la qualité grasse de leur combustible, jadis hautement prisé. Aussi ce n'est plus que dans des circonstances tout à fait spéciales que l'on peut encore les apercevoir, et même, pour les premières, malgré leur voisinage de la surface, je n'ai pas pu trouver un seul endroit où elles fussent encore visibles. Leur étude ne présente plus qu'un intérêt scientifique, car elles sont toutes presque totalement déhouillées.

N° **1**. VEINES HILETTE. — Je ne puis parler de cette veine, comme de celles des numéros 2, 3, 4 et 6, que par renseignement, n'ayant pu les observer « de visu ». L'ensemble de ces deux veines présentait au puits Braconier du Horloz la composition physique suivante :

Veine Grande-Hilette . .	Toit de schiste.	
	Charbon	0^m80
	Mur	0^m35
Veine Petite-Hilette. . .	Toit de schiste . . .	0^m20
	Charbon	0^m12
	Mur	1^m00

La distance entre ces deux veines augmente parfois jusqu'à atteindre 4 mètres.

N° 2. VEINE CHAIENAY. — La veine Chaienay se compose d'un seul lit de charbon de 0m39 au puits Braconier. Au-dessus, il y a un grès ou psammite qui, anciennement, d'après Morand (1), était utilisé pour polir les canons de fusil. Les deux veines numéros 1 et 2 portaient, au charbonnage de Lahaye (puits Champay), les noms de veine Pauvrette et veine Trouvée, pour autant qu'on puisse dire.

N° 3. VEINE GRANDE-MOSELWAITE. — Je n'ai rien de particulier à dire de cette veine, qui était d'ailleurs inexploitable et que vraisemblablement on appelait, au puits Champay, veine Chaienay.

N° 4. VEINE PETITE-MOSELWAITE. — Cette veine aussi était inexploitable, et bien souvent dans les charbonnages voisins elle portait le nom de Grande-Moselwaite, le nom de Petite-Moselwaite étant réservé sans doute à la veinette que l'on voit au puits Braconier à 6 mètres sous la veine Grande-Moselwaite. La synonymie de ces couches du Houiller tout à fait supérieur de Liége présente beaucoup d'obscurité, car les anciens ne se gênaient guère en fait de noms de veines, et leurs connaissances de synonymie étaient minces, surtout pour les couches inexploitables.

N° 5. VEINE BAUME. — La veine Baume, au puits Braconier, se compose d'un seul lit de charbon de 0m60; au toit, il y a un schiste gris compact, sableux, avec minces bandes brunes de sidérose et ne montrant aucune trace organisée. Cette veine, dont la puissance montait parfois à 0m70, était, paraît-il, considérée, avec raison, comme une veine excellente.

N° 6. VEINE BESSELINE. — La veine Besseline, que je n'ai pu voir, se présentait souvent en trois sillons ou lits ayant une grande ouverture totale. Cette veine marchait de concert avec la veine précédente, dont elle se rapprochait parfois encore davantage (charbonnage de Bonnefin).

---

(1) MORAND, *L'art d'exploiter les mines de charbon de terre.* (DESCRIPTION DES ARTS ET MÉTIERS, nouvelle édition, publiée par F.-E. Bertrand. Neuchâtel, Impr. Soc. typographique, 1776, t. VI, p. 417.)

Au puits Braconier, il n'y a aucune veinette entre les numéros 6 et 7, mais à l'Est il y avait dans cet intervalle une veine de $0^{m}30$ connue sous le nom de veine Moyen ou Vauval. Il se pourrait que cette veine ne fût qu'un des lits de la veine Besseline qui se serait écarté de la veine. Ce qui tendrait à le faire croire, c'est qu'au puits Braconier la veine Besseline a une puissance considérable et anormale.

N° **7**. VEINE GRANDE-VEINETTE. — La veine Grande-Veinette, contrairement à ce que semblerait indiquer son nom, présente une puissance en charbon exceptionnelle en Belgique. D'ailleurs anciennement, dans le pays de Liége, le mot de veinette n'indiquait pas du tout, comme maintenant, une petite veine, mais plutôt une belle veine. Au puits Braconier du Horloz, cette veine présente la composition suivante :

Charbon . . .	$0^{m}35$		
Schiste	$0^{m}20$	Ouverture totale . . .	$2^{m}20$
Charbon . . .	$0^{m}30$		
Schiste	$0^{m}35$	Puissance en charbon .	$1^{m}65$
Charbon . . .	$1^{m}00$		

On voit que, comme ouverture et comme épaisseur en charbon, cette veine est absolument exceptionnelle en Belgique. Ce fait tient sans doute à un rapprochement local de plusieurs veinettes, car partout ailleurs la veine est beaucoup moins puissante et ne comprend qu'un ou deux sillons. A l'Espérance-Bonne-Fortune, elle n'a plus que $0^{m}85$; à Bonnefin, plus que $0^{m}60$. On constate donc aussi un fait que j'ai déjà observé maintes fois, c'est que lorsque des veines ou des veinettes viennent à se rapprocher au point de devenir contiguës, leur épaisseur augmente notablement en même temps qu'elles se rapprochent. J'ai déjà cité plusieurs faits semblables dans mon travail sur la stratigraphie du bassin de Charleroi. Le toit de la Grande-Veinette est feuilleté et rempli d'empreintes végétales, où se remarquent beaucoup de *Cordaïtes*.

N° **8**. VEINE DOMINA. — La veine Domina est toujours et partout en un seul lit de $0^{m}30$ à $0^{m}35$ (exceptionnellement $0^{m}60$ à Lahaye). Son charbon est très sulfureux et rempli de mouches et de barres de pyrite. Ce fait est connu depuis longtemps, et Genneté signale déjà la tendance de son charbon à s'enflammer spontanément à l'air libre humide, la corrosivité des eaux qui sortaient de ses travaux et la nuisance de sa fumée. Le toit de la couche est un schiste gris compact,

rempli de pyrite disposée en rosettes. Il ne renferme aucun débris de quelque nature que ce soit.

N° **9**. GRÈS. — Le banc de grès qui se trouve sous la veine Domina est un des horizons de grès, au nombre de six, que M. R. Malherbe utilisait pour le raccordement des couches du bassin de Liége. Son épaisseur est variable et partout moindre qu'au Horloz. Je n'ai pas eu l'occasion de l'observer souterrainement, mais je l'ai vu à la surface dans la concession du Horloz, où j'ai reconnu qu'il était très grenu, grossier, micacé et feldspathique, ce qui est très important.

N° **10**. VEINE PETITE-VEINETTE. — La couche Petite-Veinette est connue partout ailleurs sous le nom de Cériser. Elle n'a au Horloz, puits Braconier, que $0^{m}40$ en un seul lit, mais dans la région plus à l'Est, elle était plus puissante et a été assez activement exploitée. Elle atteignait par là jusque $0^{m}66$ de puissance (Bonnefin), sans cependant constituer une veine bien remarquable. M. Jorissenne (1) a signalé jadis que dans la concession de la Grande-Bacnure, à proximité du bure de la Sauge, on observait, à la surface, dans le schiste feuilleté formant le toit de la couche et à une distance d'environ 2 mètres de celle-ci, de volumineux rognons de calcaire. A cet endroit, le toit de la veine était surmonté d'une petite veinette.

N° **11**. VEINE CRUSNY. — La veine Crusny a donné lieu, dans toute la région où elle existait, à une extraction active à cause de sa belle épaisseur et de sa régularité. Au puits Braconier du Horloz, elle présente la composition suivante :

Charbon	$0^{m}30$
Schiste	$0^{m}25$
Charbon	$0^{m}65$
Havage	$0^{m}09$

Cette composition en deux lits et cette puissance se maintiennent à peu près partout. Accidentellement (à Lahaye), le lit du dessous seul existait.

Au puits Braconier, il y a au toit de la veine d'abord une petite couche de schiste noir feuilleté avec lits minces de charbon brillant et d'innombrables plantes disposées à plat. Au-dessus, le schiste devient

(1) Cf. *Ann. de la Soc. géol. de Belgique*, t. VIII, 1880-1881; Mém., p. 15.

compact, gris, avec minces zones de sidérose brunâtre, et ne renfermant plus alors le moindre reste fossile.

N° **12**. VEINE PAWON. — La veine Pawon est une veine très variable, quoique généralement exploitable. Au puits Braconier, elle possède la composition suivante :

Charbon. . . .	$0^{m}25$
Schiste	$0^{m}12$
Charbon. . . .	$0^{m}11$
Schiste	$0^{m}17$
Faux-mur . . .	$0^{m}12$

Généralement, la couche est en deux lits de $0^{m}30$ à $0^{m}35$ (Espérance-Bonne-Fortune, Bonnefin). A Lahaye, Gosson-Lagasse, la veine est en trois lits plus épais qu'au Horloz.

Au puits Braconier, le toit de la veine est un schiste psammitique pyritifère avec grandes lamelles de mica et débris végétaux abondants (tiges).

N° **13**. VEINE ROSIER. — La veine Rosier est un horizon remarquable dans le faisceau supérieur du bassin de Liége, par sa continuité, sa régularité et la persistance de caractères des roches qui l'accompagnent. C'est pour cela que je la prends comme point de repère pour le raccordement des couches du faisceau de Saint-Gilles. La veine se présente le plus souvent en deux lits généralement séparés par un banc de roche, mais quelquefois contigus.

Le lit de dessus est toujours plus mince. Voici comme exemple la composition de la couche au puits Braconier :

Charbon. . . .	$0^{m}20$
Havage	$0^{m}20$
Charbon. . . .	$0^{m}40$
Faux-mur . . .	$0^{m}10$

Accidentellement, au Horloz, il y a au toit de la veine un lit local de $0^{m}05$ de briha. On appelle ainsi dans le pays de Liége une roche schisteuse à grain extrêmement fin, homogène, à cassure conchoïdale, d'un beau noir luisant, parfois même un peu argenté, dure, sonore, et à rayure luisante.

Dans la partie occidentale du bassin, on emploie fréquemment le mot croha comme synonyme du mot briha. Ces roches adhèrent souvent

très fort au schiste ou au charbon qui les accompagnent. (Elles « rognent », dit-on en patois de mineur à Liége et à Charleroi.)

Au toit de la couche, il y a un schiste noir doux, bien feuilleté, à rayure foncée, avec d'abondants nodules aplatis ou de petits bancs de sidérose noirâtre. Au-dessus, le schiste est plus gris et montre d'innombrables zones claires et minces de sidérose. Ce toit est admirablement stratifié et régulier et possède un aspect des plus reconnaissables. Il atteint jusque 5 mètres de puissance. Ce toit présente identiquement les mêmes caractères au Horloz, à Lahaye, à Bonnefin et à la Batterie. Au-dessus du toit, il y a un petit banc de grès très persistant, car on le rencontre dans les charbonnages précités et à Gosson-Lagasse. Le grès qui est au mur de la couche n'est pas aussi persistant.

Chapitre II. — Faisceau de Liége.

N° **14**. VEINE PESTAY. — Cette veine était très importante et activement déhouillée dans l'Est du bassin, mais vers l'Ouest, au delà de la concession de Lahaye, elle se transformait en une petite veinette inexploitable.

En tous cas, la veine était très variable et se montrait tantôt en trois lits (Patience-Beaujonc, Lahaye), tantôt en deux lits, comme dans la concession de Bonnefin, où elle était le plus favorable et où elle avait la composition suivante :

Charbon. . . .	0^m30
Schiste	0^m20
Charbon. . . .	0^m30

Au charbonnage de la Batterie, j'ai vu au toit de cette veine du schiste bondé de débris végétaux, notamment de sigillaires.

N° **15**. GRANDE-VEINE. — La Grande-Veine était bien, comme son nom l'indique, une veine à ouverture totale et à puissance en charbon tout à fait exceptionnelle. Elle devenait de plus en plus belle en allant de l'Est vers l'Ouest, et était des plus remarquables à Gosson-Lagasse, où elle avait de 1^m35 à 1^m75 de charbon avec une ouverture de 1^m75 à 2 mètres.

Elle était toujours en trois sillons et parfois en quatre sillons ou

lits. Comme exemple de composition, nous citerons Bonnefin, où elle avait :

Charbon. . . .	0m10
Schiste	0m51
Charbon. . . .	0m40
Schiste	0m20
Charbon. . . .	0m45

Dans l'Ouest du bassin (Gosson, Horloz), le toit de la veine est formé par un schiste gris assez compact, avec minces lits de sidérose, qui devient rapidement psammitique en montant.

N° **16**. VEINE DE NEPPES. — Ce que l'on appelle à Lahaye veine de Neppes n'est probablement que le sillon inférieur de la Grande-Veine qui s'est écarté jusqu'à 5 mètres de la veine. En effet, à Lahaye, la Grande-Veine, qui a partout au moins trois lits, n'en a que deux.

N° **17**. VEINE SARLETTE. — La veine Sarlette de Lahaye est probablement la veine de Neppes du Horloz, qui, elle, est bien certainement la veine Stienne du Gosson. Cette veinette, qui n'est jamais exploitable, approche cependant de la puissance exploitable, mais elle est irrégulière, et au Gosson son mur est curieux. C'est une roche noire, pesante, avec énormes radicelles plates, comme je n'en connais dans aucun autre mur. La veine y envoie des apophyses. Elle est toujours en un seul sillon de puissance très variable. Le toit est formé d'abord d'un schiste noir intense, à rayure luisante, feuilleté modérément, qui renferme des nodules de sidérose parfois pyritifères. Au-dessus, le schiste devient moins foncé avec zones grises minces.

N° **18**. VEINE CHARNAPREZ. — La veine Charnaprez est une veine particulièrement variable. Au Sud de la faille Saint-Gilles, elle n'a été un peu exploitée qu'au Horloz; ailleurs, elle était, comme à Lahaye, effilochée en veinettes fort écartées et tout à fait inexploitables. Au Nord de la faille susdite, elle a donné lieu à une extraction très continue en dépit de la variabilité de la veine en des points très rapprochés.

Au Gosson et au Horloz, elle avait tantôt un sillon de 0m50, tantôt deux sillons par l'adjonction vers le bas d'un sillon de 0m20. A Lahaye, il y avait trois sillons, et la veine avait sa puissance maximum avec

0m85 de charbon. Au Nord et à l'Est, elle diminuait fortement de puissance et ne gardait plus que deux lits (Patience-Beaujonc, Bonnefin).

Le toit de la couche au Gosson est un schiste gris-noir doux, assez feuilleté, avec lits de sidérose, qui devient vite plus gris et plus psammitique en s'écartant de la veine. A la Batterie, le toit était de même, mais, localement, on trouvait au toit jusque 2 mètres de faux-toit formé de schiste feuilleté, avec lits minces de charbon et innombrables plantes à plat.

N° **19**. GRÈS. — L'horizon de grès, qui vient ensuite, constitue le cinquième horizon de M. R. Malherbe. Il est très continu et se fait remarquer partout par sa grande dureté. Cependant, comme d'ailleurs tous les bancs de grès, il peut s'amincir considérablement. Au Horloz, par places, il n'a parfois que 1 mètre. Par contre, vers l'Est, surtout à la Batterie, il devient exceptionnellement épais et tenace. Là, il occupe toute la stampe comprise sous le mur de la veine Charnaprez jusque sur la veine Marêt, qui est, par places, dans cette concession, directement recouverte par le grès. Celui-ci est à grain assez fin, blanchâtre ou grisâtre, vitreux, assez pur. Certains bancs, à la Batterie, sont très grossiers et feldspathiques. C'est, en descendant, le dernier horizon de grès qui présente ce caractère dans le Houiller supérieur de Liége.

N° **20**. VEINE MARET. — La veine Maret était, sans contredit, une des plus belles veines de la zone supérieure du bassin liégeois. Aussi a-t-elle donné lieu à une extraction exceptionnelle, au point que de la veine il ne reste plus guère que le souvenir. Son combustible était remarquablement propre et recherché, sa puissance notable et ses terrains encaissants excellents. Elle se montrait presque toujours en une seule masse de 0m75 de puissance moyenne en charbon, avec havage au-dessus et au-dessous.

Le toit est partout remarquablement uniforme. Toujours c'est un psammite dur, avec nodules de sidérose ou de grès d'une grande résistance et offrant dans les exploitations un bon soutien.

N° **21**. VEINE QUATRE-PIEDS SUPÉRIEURE. — La veine Quatre-Pieds Supérieure est une veine assez importante, mais aussi assez variable. On constate d'ailleurs que, même en des points très rapprochés, la stampe entre Marêt, Quatre-Pieds, Cinq-Pieds, Couteau

et Grignette varie très notablement, et que ces différentes veines présentent corrélativement des modifications notables.

La stampe entre Marêt et Quatre-Pieds est cependant celle qui présente le moins de variabilité. Elle oscille de 12 mètres (Bonnefin, puits de l'Aumônier) à 17 mètres (Patience-Beaujonc). Elle augmente régulièrement, en se rapprochant de l'affleurement, dans les grandes plateures du Nord. En moyenne, elle est presque toujours de 13 à 15 mètres. Dans cette stampe, il y avait au Horloz, à Lahaye, à la Batterie, une veinette rapprochée de Marêt et appelée au Horloz Déliée-Veine. Elle n'a jamais été exploitée.

La veine Quatre-Pieds avait souvent une grande ouverture, comme à Lahaye (Sud de la faille), où elle avait 1^m40, mais alors elle est remplie d'un mélange de terres charbonneuses et de charbon. Elle était surtout fructueuse vers l'Ouest (Sarts-au-Berleur, Gosson), où elle se présentait en un seul lit de 0^m95 de puissance en charbon. Vers l'Est, elle se divisait en deux lits et même en plusieurs lits, et la veinette qui vient en dessous constituait à Bonnefin la veine appelée Piraquet.

La série de veines sous la veine Marêt est partout fort variable, et comme épaisseur de stampes et comme caractères des veines, mais nulle part cette irrégularité ne se manifeste mieux que sous la ville de Liége et les concessions plus à l'Est. Un exemple frappant en est donné à la concession de la Grande-Bacnure, où, sous la veine Raignon (Quatre-Pieds), il y a, dans le puits, à 35 mètres sous la veine, une veinette qui, à 100 mètres au Sud du puits, vient se réunir à la veine Raignon.

Au Gosson, le toit de la veine est un schiste un peu psammitique rempli de restes végétaux, et partout c'est là un bon caractère de cette veine.

N° **22**. VEINE CINQ-PIEDS SUPÉRIEURE. — La veine Cinq-Pieds est encore plus variable que la précédente. Alors que dans certains endroits elle formait une très belle veine, à peu de distance elle disparaissait totalement. Elle était généralement, comme la précédente, plus belle au Nord qu'au Sud de la faille de Saint-Gilles. A Lahaye, elle n'existait pas dans la zone entre la faille de Saint-Gilles et la faille Marie, fait qui coïncidait avec un épaississement marqué de la stampe entre Marêt et Dure-Veine et une pauvreté en veines très notable par rapport aux voisins. Le même appauvrissement, coïncidant aussi avec un épaississement de stampe, se remarque à la Batterie.

La veine Cinq-Pieds est surtout belle dans l'Ouest du bassin (Sarts-

au-Berleur, Gosson, Horloz). Là elle se montre en une seule masse de charbon, à peine divisée en deux lits contigus et ayant de $0^{m}60$ à $0^{m}70$ de charbon. Vers l'Est, elle est beaucoup plus divisée (Bonnefin), en trois lits séparés, qui lui ont fait donner le nom de Mâcy-Veine, vu sa malpropreté.

Au Gosson, le toit de la veine est constitué d'abord par du schiste noir doux, feuilleté, luisant, passant rapidement à du schiste noir mat, pesant, à rayure brune, avec lits minces de sidérose grise. Au-dessus vient du schiste grisâtre, non feuilleté, avec nodules de sidérose brunâtre.

A Patience-Beaujonc, la veine connue sous le nom de Couteau est bien certainement le représentant de la veine Cinq-Pieds. Son toit présente la ressemblance la plus complète avec celui de cette veine Cinq-Pieds, car on y observe d'abord les mêmes schistes noirs feuilletés, surmontés du schiste noir pesant, à zones grises de sidérose, d'aspect si caractéristique et non moins fossilifère qu'au Gosson. Cette veine Couteau présente aussi des variations étonnantes de puissance. Tantôt elle ne montre que quelques centimètres de puissance, alors qu'à peu de distance, elle se transforme en une veine exploitable, sans qu'on voie le moindre dérangement capable d'expliquer cette variation.

Au Horloz, le toit de la veine est un grès dur, un peu psammitique, avec petits débris végétaux.

La stampe entre Quatre et Cinq-Pieds est en moyenne de 16 mètres, mais monte souvent à 25 mètres.

N° **23**. VEINE COUTEAU. — L'établissement de la synonymie des quatre veines numéros 23 à 28 présente les plus grandes difficultés. Les anciens ont jonglé avec les quatre noms de ces veines de la façon la plus bizarre, et cela n'est pas étonnant, vu la variabilité de ces veines, qui tantôt ne sont que des veinettes, tantôt deviennent exploitables. Les roches qui les accompagnent varient aussi beaucoup, ce qui est loin de faciliter le classement. Nous croyons que la veine Couteau du Gosson, quelquefois appelée Petite-Joye, correspond au premier Cochet du Horloz. Elle ne paraît pas exister ailleurs, si ce n'est à l'état de veinette inexploitable.

Au Gosson, il y a au toit de la veine un lit de $0^{m}01$ de briha adhérant au toit, qui est formé de schiste doux feuilleté, noir, à rayure luisante, avec rares débris végétaux. Elle est, comme au Horloz, en un seul lit variant de $0^{m}45$ à $0^{m}55$ de puissance.

A Patience-Beaujonc, dans les travaux du Bure-aux-Femmes, il n'y a rien, pas même une veinette, pour représenter cette veine.

N° **24**. GRÈS. — Au charbonnage de Gosson-Lagasse, il existe à ce niveau un petit banc de grès très dur que l'on retrouve parfois ailleurs.

N° **25**. VEINE COCHET. — La veine Cochet ne forme au Gosson qu'une veinette inexploitée. Le toit de la veine Cochet du Gosson présente des ressemblances étonnantes avec celui de la veine Cinq-Pieds du même charbonnage, au point que la description que j'ai donnée pour ce dernier peut parfaitement servir pour la veine Cochet.

A Patience-Beaujonc, cette veine porte aussi le nom de Cochet, et elle a un toit absolument identique et fossilifère, comme au Gosson, mais la veine est totalement différente, car ici elle est très exploitable. Au-dessus, il y a plusieurs sillons, dont le supérieur fait souvent défaut. En dessous, il y a un sillon de $0^{m}55$, qui souvent est le seul qui soit déhouillé. Dans les travaux du Bure-aux-Femmes, on a parfois rencontré, dans le mur de la veine, des boules de grès volumineuses.

N° **26**. VEINE BIESLINE. — Cette veine ainsi que la suivante sont beaucoup plus persistantes et plus reconnaissables. Biesline de Gosson-Lagasse égale certainement Grignette du Horloz et Cochet de Lahaye. La composition de ces veines varie tellement, en des limites assez rapprochées, qu'il est impossible de la représenter d'une façon concise.

Je n'ai pas le moindre doute que la plate-veine de Patience-Beaujonc ne représente la Biesline du Gosson. Comme elle, elle a un toit de schiste gris-noir dur, et sous le mur de la veine, il y a, à Patience-Beaujonc, un banc de 4 mètres de grès vitreux extrêmement dur, sillonné de filons quartzeux, grès absolument semblable à celui qui existe ailleurs sous la veine Biesline. C'est ce grès que nous allons décrire et qui constitue un excellent point de repère.

N° **27**. GRÈS. — Le grès qui se trouve à ce niveau est un grès remarquable par sa dureté, bien connu dans les concessions du Horloz, du Gosson, de l'Espérance-Bonne-Fortune, de Patience-Beaujonc. Il est vitreux, blanchâtre, et M. P. Fourmarier y a signalé récemment (1)

(1) Cf. *Ann. Soc. géol. de Belgique*, t. XXX. Bull., p. 106.

la présence de fissures tapissées de quartz, de dolomie, de calcite et de pyrite.

Au charbonnage de la Batterie, il y a, à ce niveau, entre les veines Couteau et Cinq-Pieds, un banc de grès de 0^{m}60 extrêmement dur, à grain fin, homogène, rempli de coquilles par places et devenant celluleux par suite de la disparition des coquilles. Ce grès est gris bleuâtre et très calcarifère par places. Le même grès, très quartzeux, existe à la Grande-Bacnure, au voisinage de la veine Couteau, et M. R. Malherbe y a signalé jadis la rencontre de beaux cristaux de quartz.

L'horizon de grès en question constitue le quatrième horizon de grès de M. Malherbe, qui l'appelait grès du deuxième Cinq-Pieds.

N° **28**. VEINE GRIGNETTE. — La veine Grignette est inexploitable au Gosson, où elle se présente en deux petits lits. Partout ailleurs, elle est en un lit variant de 0^{m}40 (veine Trouvée de l'Espérance-Bonne-Fortune) à 0^{m}50 (veine Grignette de Bonnefin) et à 0^{m}65 (veine Grignette de Lahaye). Au Horloz, cependant, elle est aussi en deux sillons, mais exploitable par suite d'une puissance plus grande qu'au Gosson (veine dite Biesline). A Lahaye, le toit de la veine est constitué par du schiste noir-gris, doux, feuilleté. A Patience-Beaujonc, la veine est représentée par la Dure-Veine, qui a une composition assez variable, ce qui fait qu'elle n'est pas souvent exploitable. La partie inférieure de la veine est seule formée de bon charbon. Au-dessus, il y a plusieurs intercalations de charbon, de briha et de schiste charbonneux. Le toit est noir, dur, feuilleté, sans aucun débris organique.

N° **29**. VEINETTE. — Au charbonnage de Lahaye, il y a une veinette sous la veine Grignette. Elle existe aussi au Gosson, où elle surmonte une veinette de 0^{m}20 de briha, dont le toit est du schiste noir luisant, à rayure brillante.

Au charbonnage de Patience-Beaujonc, il existe aussi, à 2 mètres sous la Dure-Veine, une veinette au toit de schiste noir, fossilifère, comme au Gosson.

N° **30**. DURE-VEINE. — La Dure-Veine, à laquelle nous arrivons maintenant, contraste agréablement, par ses caractères marqués et persistants, avec les veines précédentes, si polymorphes. Dans tout le bassin, elle constitue un repère bien connu. Au charbonnage de

Gosson-Lagasse, elle est parfaitement caractérisée et montre, en certains endroits, la composition suivante :

Faux-toit.	
Charbon	0^m15
Havage	0^m02
Charbon	0^m40
(Au milieu, un banc de nieray de 0^m025 en moyenne.)	
Havage pyriteux. . . .	0^m15
Charbon	0^m35

Le banc désigné sous le nom de « nieray » par les mineurs de la région est une roche dure, noire et pesante, très reconnaissable, qui accompagne la veine avec persistance et constitue un précieux moyen de reconnaissance de celle-ci. Au Gosson, le lit de dessous de la veine s'écarte fréquemment jusque plusieurs mètres dans le mur de la veine. Il constitue alors ce que l'on appelle la layette de Dure-Veine qui n'est pas exploitée. Ce nieray se retrouve au Gosson des deux côtés de la faille Saint-Gilles. Cette Dure-Veine se retrouve semblable, mais sans sa laye du mur, à l'Espérance-Bonne-Fortune. A Lahaye, elle existe aussi, mais devenue presque inexploitable, car elle a perdu la laye du mur et celle du toit, et n'a plus gardé que la laye centrale de 0^m40 de charbon avec un banc de nieray très reconnaissable. Au toit, il y a un lit de briha de 0^m01, et le toit est formé, comme ailleurs, de schiste noir-gris, doux, bien feuilleté.

On a exploité pendant longtemps au charbonnage de Patience-Beaujonc une veine appelée Mona et qui est certainement le prolongement de la Dure-Veine du Gosson. Elle présente la composition suivante :

Faux-toit . . .	0^m07
Charbon. . . .	0^m17
Nieray	0^m015
Charbon. . . .	0^m19
Havage	0^m05
Charbon. . . .	0^m35

Actuellement, on exploite une veine sous le même nom au Midi d'une faille et contre la limite Sud avec la concession de Bonnefin (puits Aumônier). Cette veine est un peu différente de la précédente. La laye du mur fait défaut et le nieray situé près du toit n'est pas

continu. Le toit de la veine est un schiste noir très feuilleté, luisant, qui n'est pas habituel au toit de la Dure-Veine. Dans la bacnure inclinée, montant de l'extrémité Sud de la bacnure de l'étage de 380 mètres (Bure-aux-Femmes), bacnure partant de la voie Est de Mona, on rencontre sous cette veine Mona, si réduite de puissance, une belle veinette de $0^{m}25$. Cette veinette pourrait représenter la laye du mur de Mona, mais je pense que c'est plutôt la laye du toit de la veine Halbalerie.

Dans la partie orientale du bassin, la veine est encore très reconnaissable à la présence de son nieray, moins dur et moins pesant cependant qu'au Gosson et environs. C'est par là un petit banc noir brillant, de densité et de dureté moyennes. La veine est en deux sillons séparés par un havage et a une belle puissance. (Dure-Veine de Bonnefin, veine Béguine de la Batterie et de la Grande-Bacnure.)

N° **31**. VEINE ROGNE. — La veine appelée Rogne, au Gosson, n'est qu'une veinette inexploitable qui se rencontre assez fréquemment.

N° **32**. VEINE HALBALERIE. — La veine Halbalerie ou Halbareye est une veine bien curieuse par ses transformations que l'on peut suivre assez facilement. Sur le territoire de Liége, au Nord de la faille Saint-Gilles, c'était une veine très fructueuse; aussi les mineurs de jadis ont baptisé de ce nom des veines absolument différentes stratigraphiquement, et il n'est presque pas de charbonnage qui n'ait sa veine Halbalerie.

Au charbonnage de Lahaye et de Bonnefin (puits de l'Aumônier), elle avait de $0^{m}55$ à $0^{m}61$ de charbon en deux sillons séparés par une barre de pyrite, qui sans doute lui a valu son nom de « barrée ». En partant de cette région, elle se modifie et se détériore dans tous les sens. Ainsi à Lahaye même, au Sud de la faille Saint-Gilles, elle présente la composition suivante, près du puits d'extraction du siège Saint-Gilles :

Charbon	$0^{m}35$
Schiste charbonneux .	$0^{m}21$
Charbon	$0^{m}18$

A 100 mètres de là, au puits d'air, voici la composition :

Charbon	$0^{m}50$
Mur	$0^{m}70$
Toit	$0^{m}50$
Charbon	$0^{m}50$

A 175 mètres en amont, — pendage, à la bacnure de 292 mètres, — l'écartement des deux lits de la veine s'est encore accentué et atteint 2 mètres. Le toit de la couche est formé par un beau schiste noir à rayure luisante, zoné de bandes minces de sidérose grise.

Au charbonnage du Gosson, au Nord de la faille Saint-Gilles, l'écartement est encore plus fort et la veine est représentée par un complexe extrêmement curieux. A la bacnure Ouest de l'étage de 326 mètres du puits n° 1, on observe, entre la veine Rogne et la veine Mona, les veinettes suivantes :

Premier Croha.	Schiste extrêmement fossilifère.	
	Schiste noir (toit)	$2^{m}00$
	Banc de schiste noir pesant	$0^{m}30$
	Croha.	$0^{m}02$
	Banc noir pesant	$0^{m}10$
	Croha.	$0^{m}05$
	Schiste noir bien stratifié et psammite. .	$5^{m}00$
Deuxième Croha	Schiste noir-gris, luisant vers le bas (toit).	
	Croha dur	$0^{m}05$
	Roche noire pesante bien stratifiée . . .	$0^{m}24$
	Croha plus charbonneux et friable . . .	$0^{m}06$
	Roche noire bien stratifiée	$0^{m}11$
	Schiste gris bien stratifié. Puis psammites.	

En d'autres endroits du même charbonnage, le premier croha se transforme en veinette de charbon ordinaire avec toit restant le même et encore fossilifère (Bouxtay n° 80).

Au charbonnage de Patience-Beaujonc, dans la région du Sud-Est des travaux du Bure-aux-Femmes, la veine Halbalerie se présente sous forme de deux veinettes écartées de 5 mètres l'une de l'autre et dont la supérieure, assez épaisse, est à environ 5 mètres sous la veine Mona. Entre les deux veinettes, il y a un petit banc de grès. Toutes deux ont au toit un schiste très feuilleté noir, à rayure brillante et foncée. Au charbonnage de la Batterie, les deux veinettes se sont rapprochées au point de pouvoir être exploitées simultanément sous forme d'une veine à deux sillons séparés par un banc de schiste noir, dur.

N° **33**. VEINE MONA. — La veine Mona du Gosson, appelée, à Lahaye et au Horloz, la veine Crohette, est toujours inexploitable. Elle se présente en un seul lit d'environ $0^{m}30$ de beau charbon. Son toit est un schiste psammitique noir intense, compact.

Au Gosson, à 1^{m}75 sous la veine et encore dans le mur de la veine, on rencontre un banc de 0^{m}25, très fossilifère.

N° **34**. CALCAIRE. — Sous le banc fossilifère précité, on rencontre, au Gosson, un banc de 0^{m}60 de calcaire argileux et siliceux gris à cassure conchoïdale.

N° **35**. VEINE GOSMIN. — La veine Gosmin du Gosson, plus connue sous le nom de Blanche-Veine, est parfois très puissante. Mais comme cela se reconnaît généralement dans nos bassins houillers belges, une veine puissante ne provient presque toujours que du rapprochement local de deux ou plusieurs veines et veinettes.

La Blanche-Veine est surtout puissante à Lahaye et à Belle-Vue à Saint-Laurent, au Sud de la faille de Saint-Gilles, comme le montre la composition suivante, prise à Lahaye, puits Saint-Gilles :

Charbon . .	0^{m}40	Ouverture : 1^{m}77. Charbon : 1^{m}35.
Havage . .	0^{m}06	
Charbon . .	0^{m}20	
Havage . .	0^{m}05	
Charbon . .	0^{m}25	
Schiste . .	0^{m}31	
Charbon . .	0^{m}50	

Déjà, dans la concession de Lahaye, la veine commençait à se diviser. Vers l'Ouest, le banc de schiste qui, aux environs du puits Saint-Gilles, présentait l'épaisseur que nous venons d'indiquer, augmentait graduellement jusqu'à atteindre 10 mètres à 800 mètres de là, au puits Champay. Le lit du dessous de la veine, par suite de son écartement, constituait alors une nouvelle veine, appelée Piemtay.

Au Horloz, un peu à l'Ouest du puits Champay, la veine présentait, au Sud de la faille Saint-Gilles, la composition suivante :

Blanche-Veine.	Charbon. .	0^{m}33	Charbon : 0^{m}90. Ouverture : 1^{m}11.
	Schiste . .	0^{m}06	
	Charbon. .	0^{m}18	
	Schiste . .	0^{m}15	
	Charbon. .	0^{m}39	
	Schiste . .	12^{m}50	
Piemtain. .	Charbon. .	0^{m}45	

Plus à l'Ouest encore, au Nord de la faille Saint-Gilles, la veine semble s'effilocher encore davantage et le lit du dessous s'écarter encore

un peu (veine Mauva Deye, du Gosson). En effet, au lieu de quatre lits qu'elle avait à Lahaye, elle n'en a plus que deux au Gosson (veine Gosmin), où elle présente la composition suivante :

Pierre	0m10
Charbon. . . .	0m20
Pierre	0m10
Charbon. . . .	0m20

Elle paraît n'avoir plus là que les deux lits du dessus de la Blanche-Veine du puits Saint-Gilles, les autres ayant donné naissance à la veine Mauva Deye et aux veinettes intermédiaires. Au Sarts-au-Berleur, la composition de la couche reste la même.

Le même phénomène semble se produire vers l'Est, en s'écartant de Lahaye.

Au charbonnage de Bellevue à Saint-Laurent, la composition de la Blanche-Veine est restée la même qu'à Lahaye, et cela au Sud de la faille Saint-Gilles. Même le lit de dessous est resté uni à la veine, comme au puits Saint-Gilles. Seulement on voit apparaître dans le dessus une séparation schisteuse plus épaisse, qui semble montrer que vers l'Est le lit du dessus de la veine va aussi s'écarter. En effet, à Bonnefin, au Nord de la faille Saint-Gilles, puis à la Batterie, la veine n'a plus que deux lits assez puissants, au total, pour faire de la grande veine de Cortils, à la Batterie, une très belle veine. Dans ce charbonnage, on rencontre, sous la veine, des veinettes assez extraordinaires. La première, à 5m50 sous la veine, présente la curieuse allure que montre la figure ci-dessous :

a) Toit de schiste noir bien régulier.
b) Charbon : 0m20.
c) Mur schisteux.

La deuxième veinette, à environ 18 mètres sous la veine, est composée de 0m20 d'un beau charbon anthraciteux, luisant, argenté, à cas-

sure conchoïdale et léger. Le toit est un schiste noir luisant, bien feuilleté, doux.

La couche Blanche-Veine est représentée au charbonnage de Patience-Beaujonc par la veine dite Première-Clûte, qui se présente en plusieurs lits extrêmement durs. La veine n'est exploitée qu'accidentellement.

Au Gosson, à la Batterie et à Lahaye, le toit de la veine est constitué par du schiste noir, compact, non feuilleté, dur et siliceux.

N° **36**. VEINE MAUVA DEYE. — La veine Mauva Deye constitue, comme nous venons de le dire, un sillon ou lit détaché du mur de la veine Gosmin. Cette veine n'est exploitable qu'à l'Ouest de Lahaye, où elle forme une veine toujours à un sillon, parfois divisé en deux par un peu de havage. Le nom de la veine provient de ce que, dans la région de Grâce-Berleur et de Jemeppe, le mur (Deye en liégeois) était mauvais et friable. Au Gosson, ce mur ressemble absolument à du toit, stratifié comme lui, mais ayant cependant encore des radicelles de *Stigmaria*. Le toit de la veine dans ces régions est du schiste noir, parfois bien feuilleté, avec quantité de rognons de sidérose et parfois même des bancs assez épais et assez continus de cette substance. Celle-ci s'observe également en abondance dans le mur de la veine, et c'est à cette abondance de sidérose au voisinage de la veine Mauva Deye qu'il faut, paraît-il, attribuer les demandes de concessions de minerai de fer des houillères (blackband) que l'on a faites pour la région de Jemeppe et de Montegnée un peu avant 1830. On sait, en effet, que c'est à cette date que l'on installa, à Seraing, les premiers hauts fourneaux au charbon de terre, qui marchaient avec du carbonate de fer de houillères, comme en Angleterre.

N° **37**. VEINETTE. — Il existe au Gosson, parfois, une veinette terreuse qui se retrouve ailleurs. (Sans doute la veinette Sourdinne du Muré-Bure du Horloz.) Elle a un toit de schiste noir, doux, feuilleté.

N° **38**. VEINE BÉGUINE. — La veine Béguine, comme la veine Mauva Deye, est une couche qui n'existe que dans la partie occidentale du bassin, où elle a joué un grand rôle dans l'exploitation. Au Gosson, elle présente la composition suivante :

Pierre au toit . .	0^m10
Charbon	0^m20
Havage	0^m10
Charbon	0^m40
Mur très dur, gréseux.	

Sa composition est la même, ainsi que sa puissance, au Horloz et au Bonnier, sauf que le havage disparaît quelquefois. Elle s'épaississait notablement au Sarts-au-Berleur, tout en restant en deux lits et avec du briha au toit. A Lahaye, elle n'est déjà plus représentée que par une veinette de 0m25, et je crois la revoir à la Batterie sous forme d'une petite veinette qui n'a que 0m01. (A 24 mètres normalement sous la grande veine de Cortils.)

Je pense que la couche que le charbonnage du Gosson a recoupée au Sud de la faille Saint-Gilles, et qu'il a appelée Nouvelle-Veine, n'est autre que la Veine-de-Joye du charbonnage du Horloz qui, elle, est bien certainement l'équivalent de la veine Béguine du Nord de la faille. Le toit de la veine Béguine est d'habitude un schiste gris psammitique, dur et compact.

Il n'y a pas de doute que la veine connue à Patience-Beaujonc sous le nom de Deuxième-Clûte ne soit le représentant de la veine Béguine du Gosson. Comme elle, elle a un toit de schiste dur, compact, siliceux, et un mur très dur, sous lequel se voient les bancs épais du grès si caractéristique qui s'observe partout sous la veine Béguine. La Deuxième-Clûte n'a que 0m35 de charbon en un seul lit. C'est le dernier charbonnage vers l'Est où la Béguine soit exploitée. Plus à l'Est, comme nous l'avons dit, cette veine, si importante dans l'Ouest, passe à l'état de veinette toujours accompagnée de son grès. L'augmentation de puissance vers l'Est est très marquée et régulière, comme le montrent les chiffres suivants, pris sur les mêmes allures, dans trois charbonnages voisins, pour la veine Béguine :

Patience-Beaujonc. . . .	0m35
Espérance-Bonne-Fortune .	0m40
Bonnier.	0m65

En ce dernier point, il y a deux lits, comme c'est le cas partout où la veine a sa belle puissance.

La veine Béguine a souvent, à une certaine distance dans le toit, un banc assez riche en beaux débris végétaux. Ce banc existe notamment à Patience-Beaujonc, à 0m25 au-dessus de la veine Deuxième-Clûte, et il est très riche en débris de fougères.

N° **39**. GRÈS. — Partout où la veine Béguine est reconnaissable, il y a, immédiatement sous elle, un niveau de 5 à 6 mètres de grès aquifère, qui est un des grès les plus durs du Houiller de cette région. Il est gris, à grain fin, quartzeux, et est traversé de veines de quartz.

Il existe à Lahaye, sous la veinette que je considère comme le correspondant de Béguine, et il en est de même à la Batterie, sous la veinette de 0m01 dont j'ai parlé plus haut. Dans ces deux charbonnages, le grès conserve les mêmes caractères de dureté extrême et de fissures quartzeuses.

N° **40**. VEINETTE. — Sous la veine Béguine, il y a, au Gosson, une veinette terreuse (bezy), qui a au toit un mince banc de grès très dur (clavai). Au-dessus, il y a du schiste noir. Le mur est formé par des psammites et du grès assez durs. Au charbonnage de la Batterie, à la bacnure de 194 mètres Nord, il y a, sous les grès du mur de la veinette, que je considère comme l'équivalent de Béguine, une veinette ayant aussi au toit un banc d'un quartzite gris extrêmement dur. Sous cette veinette, il y a aussi, comme au Gosson, des bancs de grès.

N° **41**. VEINE GRAND-BAC. — Avec la veine Grand-Bac, nous entrons dans une série de veines très variables. Elle-même est fort changeante et souvent inexploitable. Au Gosson, elle se présente comme suit :

Briha.	0m03
Charbon. . . .	0m15
Schiste	0m40
Charbon	0m40

Dans le mur, il y a une veinette qui se rapproche parfois contre la veine.

Au Sud de la faille Saint-Gilles, la veine ne constitue plus qu'une petite veinette en un ou plusieurs lits n'ayant que 0m35 en tout, mais il y a au-dessus plusieurs veinettes terreuses qui n'existent pas au Nord de la faille. Au Horloz, il y a au puits de Tilleur une veinette inexploitée au-dessus de la veine Frederica, veinette que l'on a appelée Joyeuse et qui est bien certainement l'équivalente de la veine Grand-Bac du Gosson.

Au Sarts-au-Berleur, la veine, en deux sillons également, porte le nom de Flairante ou celui de Halbalereye, très impropre, mais que l'on a appliqué dans le bassin de Liége à quantité de veines en deux lits séparés par un gros banc de pierre. Elle a été exploitée à ce charbonnage sous ce dernier nom.

Au charbonnage de Lahaye, la veine a été et est encore l'objet d'une exploitation notable sous le nom de Joyeuse ou de Veine-de-Joye. C'est là une veine de 0m55 en un lit, avec havage au toit. Elle a encore été

activement exploitée sous le même nom à Bellevue à Saint-Laurent, avec exactement la même composition. Au Nord de la faille Saint-Gilles, elle est redevenue inexploitable et est connue sous le nom de veine Loup à Bonnefin et à la Batterie. En ce dernier point, elle se présente en plusieurs lits.

A Patience-Beaujonc, Espérance et Bonne-Fortune, la veine paraît représentée par trois petites veinettes écartées et inexploitables, parfois appelées Flairante et situées au-dessus des veines dites Grand et Petit-Chat.

Au Gosson, il y a, immédiatement au-dessus de la veine, un schiste noir feuilleté, luisant, à rayure brillante, avec minces strates rares de schiste pailleté, à rayure brune, avec petits nodules de pyrite. A 0m50, ce schiste est devenu plus doux, plus feuilleté, avec de gros nodules aplatis de sidérose noire. Au-dessus, le toit reste noir-gris, doux et feuilleté comme de l'ardoise, avec des lignes grises très régulières de sidérose, et cela jusque près de 15 mètres au-dessus de la veine. C'est le toit le plus épais et le plus régulier que je connaisse à une veine en Belgique. Ce toit est d'ailleurs un caractère persistant de la veine; on le retrouve jusqu'à la Batterie, au-dessus de la veine Loup. A Lahaye, à la base de ce toit, il y a de minces lignes de charbon.

Au Horloz, la veinette appelée Joyeuse a absolument les mêmes roches au toit que la veine Grand-Bac du Gosson.

La veine appelée Joyeuse au charbonnage du Bois-d'Avroy ne correspond pas à celle qui porte le même nom au Horloz et à Lahaye, et ne correspond donc pas à la veine Grand-Bac du Gosson. Cet horizon est représenté, au Bois-d'Avroy, par une veinette de 0m10, située normalement à 7m30 au-dessus de la veine Joyeuse au puits du Grand-Bac, bacnure de l'étage de 259 mètres. Cette veinette présente, en effet, au toit un complexe de roches fossilifères si semblable à celui que l'on observe, dans les trois charbonnages précités, au toit des veines Joyeuse et Grand-Bac, que sa synonymie ne présente pas le moindre doute. Nous dirons plus loin à quoi équivaut la veine Joyeuse du Bois-d'Avroy. La veinette supérieure a d'abord au toit un banc de 0m25 de schiste noir mat, à rayure brune et rempli de petits nodules pyriteux, comme au Gosson et au Horloz. Au-dessus vient un schiste noir luisant, feuilleté, doux, avec nodules et lits de sidérose grise. Ce toit, très épais, comme celui de la veine Grand-Bac, passe insensiblement à un schiste grisâtre, doux.

Au charbonnage de Patience-Beaujonc, on retrouve, sous la veine Deuxième-Clûte, une veinette assez puissante, parfois appelée Flairante,

ce qui rappelle le caractère si général de cette veine de donner du charbon sulfureux. On voit d'ailleurs, dans les bacnures, le charbon de cette veine couvert d'auréoles ferrugineuses. La veinette est souvent en trois lits. Au toit, il y a, comme au Bois-d'Avroy, une mince couche de schiste gras, noir et écailleux. Au-dessus vient un schiste noir feuilleté, semblable à de l'ardoise et identique à celui que l'on voit partout ailleurs au-dessus de cette veine. Comme partout aussi, ce toit renferme des lits réguliers et assez épais de sidérose noirâtre. Enfin, comme partout aussi, le toit se poursuit avec les mêmes caractères sur plus de 8 mètres de hauteur.

Comme on le voit donc, cette curieuse veine Grand-Bac, qui, comme nous le dirons plus tard, est extrêmement remarquable au point de vue paléontologique, est très curieuse au point de vue de la variabilité de sa puissance. Exploitable à Lahaye et à Bellevue (Saint-Laurent), peu exploitable au Gosson et au Sarts-au-Berleur, elle passe à l'état de veinette au Horloz, au Bois-d'Avroy, à la Batterie, à Patience-Beaujonc.

Pour terminer, nous ajouterons que son combustible est souvent sulfureux, ce qui explique le nom de Flairante (puante) qui lui a été parfois appliqué, mais qui peut provenir aussi de la nature très pyriteuse de son toit.

N° 42. VEINE CHAT. — La veine connue sous le nom de Chat ou de Grand-Chat n'est pas exploitable au Gosson, où elle se présente en un seul lit de $0^{m}32$ environ. Ailleurs, elle a pu devenir exploitable. C'est probablement la veine Sourdinne, de Lahaye, qui se présente en trois lits avec du briha au toit. La stampe entre Joyeuse et Sourdinne, qui est d'habitude de 6 mètres, tombe parfois à $0^{m}60$, et dans ce cas la veine Joyeuse est tout à fait anormale et se présente sous forme d'amas. Vers l'Est, à Bonnefin et à la Batterie, la veine Sourdinne ne constitue plus qu'un groupe de veinettes tout à fait inexploitable. Au Sud, entre la faille de Seraing et la faille du puits Marie, elle est exploitée à Lahaye sous le nom de Sourdinne. Plus au Sud, au puits Bois-d'Avroy, elle était inexploitable (veine Malgracieuse).

La veine Frederica du charbonnage du Horloz est l'équivalente de la veine Sourdinne et de la veine Chat. Elle se présente en deux lits presque contigus. Au Horloz, au Gosson et à Lahaye, la veine dont nous venons de parler se fait remarquer par son toit de schiste gris, un peu psammitique, rempli de beaux restes de végétaux. C'est un fait remarquable de voir dans les trois concessions précitées ce caractère de la veine persister dans son toit gris rempli de végétaux, alors que

la veine précédente, dans les trois mêmes concessions, garde avec continuité son toit noir et coquillier. Au charbonnage de Lahaye, la veine Sourdinne se fait remarquer par l'abondance des troncs d'arbres-debout (ou cloches) qui se trouvent dans son toit.

La veine exploitée au puits Grand-Bac du charbonnage du Bois-d'Avroy sous le nom de Joyeuse, et qui se présente en un seul lit de 0^m65, est bien certainement le représentant de la veine Sourdinne de Lahaye. On n'en saurait douter en voyant l'identité des roches du toit des deux veines et la belle flore identique qu'ils renferment.

N° **43**. VEINETTE. — Cette veinette n'est exploitable qu'en un seul endroit, au puits du Grand-Bac, où elle a été appelée improprement Sourdinne. Elle s'y présente avec la composition suivante :

Charbon	0^m30
Pierre	0^m25
Charbon	0^m30
Havage	0^m10
Charbon	0^m40

Le toit en est formé par du schiste gris psammitique avec débris de végétaux. Cette veine, exceptionnellement belle ici, est représentée à Lahaye, au Sud de la faille Saint-Gilles, par quatre veinettes rapprochées, mais pas assez pour être exploitables et qui, probablement en se réunissant, ont donné naissance à la veine du Bois-d'Avroy.

Au charbonnage du Horloz et au puits Grand-Bac du Bois-d'Avroy, il existe encore, entre la veine dont nous venons de parler et le niveau de grès du toit de Grand-Marêt, une veinette comprise entre deux bancs de grès (c'est la veinette appelée, au Horloz, puits de Tilleur, Veine-entre-deux-grès). Cette veinette n'existe que là où le grès du Grand-Marêt n'est pas trop puissant. Au charbonnage du Horloz, puits de Tilleur, il existe entre cette Veine-entre-deux-grès et la veine Frederica une veine inexploitable, constituée par trois lits écartés de charbon et qui représente vraisemblablement la veine Sourdinne du Bois-d'Avroy.

Au charbonnage de la Batterie, il y a au-dessus du grès de Grand-Marêt exactement la même succession de formations qu'au Horloz. A la bacnure Nord de l'étage de 105 mètres, il y a dans ce grès de Grand-Marêt une veinette à plusieurs sillons qui correspond à la Veine-entre-deux-grès. Au-dessus vient une veine en plusieurs sillons, d'une ouverture totale de 1 mètre, mais terreuse et inexploitable, avec toit rempli de débris végétaux. Elle correspond à la veinette à trois layes sous Frederica du Horloz et à la veine Sourdinne du Bois-d'Avroy. Plus

haut encore viennent des veinettes rapprochées, avec toit à végétaux, qui correspondent à la veine Frederica. Enfin, tout au-dessus vient la veine Loup, en trois layes correspondant à la veine Joyeuse de Lahaye, du Horloz, et à la veinette au-dessus de Joyeuse, du Bois-d'Avroy.

Le même complexe existe à la Batterie, à la bacnure Nord de 194 mètres.

Au toit de la veine improprement appelée Sourdinne au puits du Grand-Bac du Bois-d'Avroy, il y a, intercalés dans le schiste gris du toit, des bancs minces d'un calcaire sidéritifère, divisé en rhomboèdres réguliers par des fissures de retrait.

N° **44**. GRÈS. — Le niveau de grès auquel nous arrivons est un des plus persistants et des plus importants du bassin de Liége, quoiqu'il varie beaucoup comme dureté et comme puissance. Il possède son épaisseur maximum dans la région du Sud de la faille Saint-Gilles, dans les concessions de Lahaye et de Bellevue à Saint-Laurent. Là il atteint jusque 20 à 25 mètres en un seul massif. En partant de ces points, il s'amincit et se divise dans tous les sens, et il est surtout moins épais vers l'Ouest. Il est sujet à s'amincir ou à se diviser en des points très rappochés, dans la même concession. Ainsi, à la Batterie, sur 250 mètres, suivant l'inclinaison des couches, il passe de 20 en deux massifs à 4 mètres en un seul massif. On constate aussi que lorsqu'il s'épaissit, la stampe dans laquelle le grès est compris augmente presque proportionnellement. Ce niveau de grès est formé de bancs de psammite et de grès alternants parfois de dureté et de composition très variables. Parfois au milieu on trouve un peu de schiste avec une veinette (Veinette-entre-deux-grès de Seraing, du Horloz et de la Batterie). Lorsque le grès est très épais, il vient jusque contre la veine Grand-Marêt et supprime toutes les veinettes qui surmontent cette dernière. Dans la région occidentale du bassin, de part et d'autre de la faille Saint-Gilles, il se réduit fortement et paraît même disparaître presque complètement.

Le plus souvent, le grès et le psammite sont gris, à grain assez fin et de dureté moyenne. M. Ad. Firket (1) y a signalé, au Sarts-au-Berleur, la présence de grandes géodes de quartz.

N° **45**. VEINETTE. — Au charbonnage de la Batterie, à la bacnure Nord de l'étage de 194 mètres, il y a, à 4 mètres normalement au-

(1) Cf. *Ann. Soc. géol. de Belgique*, t. IX. Bull., p. 147.

dessus de Grand-Marêt, une veinette de $0^{m}17$ que je n'ai vue nulle part ailleurs et dont le toit est formé de schiste doux, feuilleté, fossilifère.

N° **46**. VEINETTE. — Au-dessus de la veine Grand-Marêt, il y a, dans quelques charbonnages, à une distance variable de la veine, un lit pouvant atteindre $0^{m}10$ de croha ou briha. Il présente les caractères habituels de cette roche particulière. Je l'ai vu au charbonnage de la Batterie, au Gosson-Lagasse. En ce dernier point, au Nord de la faille de Saint-Gilles, il est surmonté d'un schiste friable d'environ $0^{m}03$ avec nombreux lits de calcite. Ce banc de croha correspond sans doute à la veinette de cannel-coal qui a été signalée par M. Ad. Firket (1) un peu au-dessus de la veine Péry (Grand-Marêt), au puits Fanny du charbonnage de l'Espérance, à Seraing (aujourd'hui dépendant de Marihaye). Cette veinette de cannel-coal est renseignée également au tableau de synonymie des couches annexé au travail de J. de Macar sur le bassin de Liége (2).

N° **47**. VEINE GRAND-MARÊT. — La veine Grand-Marêt est incontestablement une des veines les plus curieuses du bassin de Liége. Ce n'est pas à proprement parler une veine, mais plutôt un horizon de veines qui, à un moment donné, sont susceptibles de se rapprocher de façon à constituer la veine Grand-Marêt, qui est alors la plus puissante veine du bassin.

La veine présente son maximum d'ouverture et de puissance en charbon entre la faille Saint-Gilles et la faille de Seraing, dans les concessions de Lahaye, Bois-d'Avroy, Horloz, Bellevue à Saint-Laurent et Bonnefin. Quoique sa composition soit fort variable, comme celle de toutes les veines puissantes, elle se présente néanmoins toujours en deux, trois ou quatre lits. Voici quelques exemples de composition :

1° Bois-d'Avroy, puits Grand-Bac, où elle est au maximum de puissance :

Deux lits.	Partie exploitée.	Charbon dur	$0^{m}35$	Ouverture : $2^{m}70$.
		Charbon tendre . . .	$0^{m}10$	
		Charbon tendre . . .	$0^{m}95$	
		Pierre dure (clavai) .	$0^{m}05$	
	Partie abandonnée.	Charbon et briha . . .	$0^{m}30$	Charbon : $2^{m}35$.
		Charbon sale	$0^{m}50$	
		Charbon	$0^{m}50$	

(1) Cf. *Ann. Soc. géol. de Belgique*, t. XX, 1903. MÉM., p. 109.
(2) Cf. *Ann. Soc. géol. de Belqique*, t. VI, pl. VI. Colonne Espérance à Seraing.

2° Horloz, puits de Tilleur, où elle est appelée veine Frédéric, elle présente la composition suivante au Nord de la faille Marie :

Trois lits .	Charbon . . .	$0^{m}38$	Ouverture : $1^{m}87$.
	Schiste . . .	$0^{m}63$	
	Charbon . . .	$0^{m}21$	
	Schiste . . .	$0^{m}02$	Charbon : $1^{m}22$.
	Charbon . . .	$0^{m}63$	

3° Au charbonnage de Lahaye, puits Saint-Gilles, Sud de la faille Saint-Gilles :

Quatre lits .	Charbon . . .	$0^{m}30$	
	Havage . . .	$0^{m}05$	
	Charbon . . .	$0^{m}35$	Ouverture $2^{m}02$.
	Havage . . .	$0^{m}12$	
	Charbon . . .	$0^{m}40$	Charbon : $1^{m}35$.
	Schiste . . .	$0^{m}60$	
	Charbon . . .	$0^{m}30$	

Comme nous l'avons déjà dit pour d'autres veines, la richesse en charbon est d'autant plus grande que le rapprochement des parties de la veine est plus grand. En s'écartant des quatre concessions précitées, vers l'Ouest, vers le Nord et vers l'Est, la veine diminue ou se subdivise en veines distinctes. Vers l'Est, la puissance en charbon diminue sans qu'il paraisse y avoir subdivision, tandis que vers l'Ouest la puissance de la veine s'affaiblit, parce qu'il s'en détache une et même deux veines, qui deviennent complètement distinctes. Vers l'Est, la veine Grand-Marêt, à Bonnefin, n'a plus que $0^{m}75$ de charbon avec une ouverture de veine de $1^{m}25$. A la Batterie, elle a $0^{m}60$ de charbon avec une ouverture de $0^{m}80$.

Vers le Sud, la veine, au puits d'Avroy, au Midi de la faille de Seraing, est subdivisée en deux veines dont la supérieure, la Grande-Moisa, avait près du puits $1^{m}10$ de charbon se réduisant à $0^{m}50$ dans la région occidentale de la concession du Bois-d'Avroy. En dessous et par suite de l'épaississement du banc de schiste qui sépare le lit inférieur de la veine Grand-Marêt, ce lit s'est écarté jusqu'à 11 mètres des autres pour constituer une veine distincte, la Petite-Moisa, avec $0^{m}40$ de charbon.

Vers l'Ouest, la veine Grand-Marêt, en se subdivisant encore davan-

tage, donne naissance au moins à trois formations distinctes. Comme exemple, nous pouvons citer ce qui se passe au Gosson-Lagasse, au Nord de la faille Saint-Gilles, siège n° 1 :

GRAND-MARÊT	1re veine	Veinette accidentelle	$0^{m}03$
		Mur stratifié comme du toit . .	$0^{m}50$
		Veinette Chat de Mâcy-Veine . .	$0^{m}30$
	2e veine	Schiste variant de $0^{m}50$ à 2 mètres.	
		Mâcy-Veine : trois lits contigus .	$0^{m}70$
	3e veine	Schiste variant de 2 mètres à 10 mètres.	
		Veine Plate-Laye.	$0^{m}54$

La variabilité extrême et la nature lithologique des intercalations pierreuses qui séparent ces trois veines montrent assez leur liaison génétique et prouvent que ce ne sont que des bancs détachés d'une même formation. Ainsi, par exemple, la roche qui sépare Mâcy-Veine de Plate-Laye est un schiste stratifié et feuilleté comme du toit, rempli de minces lits de charbon, qui établissent comme un trait d'union entre les deux veines. Ce schiste est aussi rempli de belles plantes disposées à plat.

Le schiste qui sépare Mâcy-Veine de la veinette Chat est une roche particulière également, qui ne ressemble pas à celle que l'on voit entre des veines distinctes. Cette formation ternaire se continue au Sarts-au-Berleur avec des variations d'écartement et se complique encore à Valentin-Coq, où elle se subdivise encore plus, avec un appauvrissement en charbon bien marqué.

Vers le Nord, à Patience-Beaujonc et Espérance et Bonne-Fortune, on remarque le même appauvrissement en charbon à ce niveau, mais le complexe de trois veines persiste dans la seconde concession, tandis que dans la première l'appauvrissement de la veine paraît être plus grand vers le dessous.

Le toit de la veine Grand-Marêt, lorsque le niveau de grès est voisin de la couche, est généralement psammitique et fort dur. Ailleurs, le toit est noir et rempli de rognons de sidérose que l'on a aussi voulu exploiter, comme ceux de la veine Mauva Deye.

N° **48**. VEINE PLATE-LAYE. — La veine Plate-Laye n'est, comme nous venons de l'exposer, qu'un lit détaché de la veine précédente. Sa

composition est assez variable. Au Gosson, elle présente la composition suivante :

Faux-toit	$0^{m}10$
Charbon en deux lits .	$0^{m}44$
Pierre	$0^{m}25$
Charbon	$0^{m}10$

Elle garde cette composition et ce nom dans la plupart des concessions de la partie occidentale du bassin de Liége.

Chapitre III. — Faisceau de Seraing.

La stampe entre la veine Grand-Marêt et Houlleux est en général assez constante et d'environ 125 mètres. Elle tombe à 95 mètres au Horloz et plus à l'Ouest. Fort riche en grès au Sud de la faille Saint-Gilles, elle est presque toute schisteuse sur le bord Nord du bassin (Patience-Beaujonc).

N° **49**. VEINE CANNEL-COAL. — La veinette qui porte ce nom singulier le doit à la ressemblance extérieure que présente son combustible avec le charbon anglais du même nom. Ce nom fut appliqué pour la première fois à la veinette semblable que l'on recoupa lors du foncement du puits Bois-d'Avroy, en 1828. (D'après M. Ad. Firket.) Hâtons-nous de dire que la ressemblance en question n'est qu'apparente. Ce charbon n'est nullement du cannel-coal, mais, au contraire, un charbon anthraciteux, remarquable par sa forte teneur en cendres, sa pauvreté comparative en matières volatiles, sa cassure conchoïdale, son éclat parfois argenté, sa sonorité et sa légèreté. En un mot, il doit être rapporté, comme nous l'avons déjà dit pour des combustibles similaires du pays de Charleroi, à la variété de charbon que M. Muck a appelée pseudo-cannel-coal. M. Ad. Firket a fait de quelques veinettes qui fournissent ce charbon dans le bassin de Liége une étude très complète.

Quoique le nom en question fût donc impropre, on l'a encore adopté ailleurs. En effet, la veinette en question est fort constante dans ses caractères et elle constitue un excellent point de repère pour la série des couches voisines du Grand-Marêt. Elle existe donc au puits Bois-d'Avroy avec une puissance de $0^{m}28$ en un seul lit, ce qui est absolument constant. Elle existe également à Lahaye, puits Saint-Gilles,

sous le même nom et avec la même puissance. Elle est connue également au Horloz sous la veine Frédéric, puits de Tilleur. Au Bois-d'Avroy, puits du Grand-Bac, elle existe avec une puissance de 0m25 à 11 mètres normalement sous Grand-Marêt (à 19m50 au Sud de la veine à la bacnure Nord de 259 mètres). A la Batterie, il y a, à 9 mètres sous Grand-Marêt, une veinette de 0m06 de charbon semblable, mais plus pierreux. Vers l'Ouest, la veinette existe encore, bien connue sous le nom de veine Sperwimont, mais elle a à peu près perdu le caractère spécial de son combustible, qui ne se manifeste plus au Gosson que par l'aspect particulier et une teneur en matières volatiles moindre de la partie supérieure de la veine. Elle a là 0m25 de charbon surmonté de 0m08 de charbon particulier (briha). Celui-ci disparaît même ailleurs et la veine se poursuit en un lit de charbon de 0m10 à 0m30 à Sarts-au-Berleur, Valentin-Coq et Espérance-Bonne-Fortune.

Au charbonnage de Patience-Beaujonc, à la bacnure Nord de l'étage de 245 mètres du puits Beaujonc, il y a, à 15 mètres au Nord de Mâcy-Veine, une veinette de 0m05 dont le charbon n'a rien de particulier, mais dont le toit a bien les caractères de celui de la veinette de cannel-coal. C'est d'abord un schiste noir feuilleté, luisant, fossilifère, passant rapidement à un schiste gris possédant une belle structure zonaire, que l'on remarque aussi au toit de quelques veinettes situées sous celle dont nous parlons ici.

Le toit de la veinette est partout constitué d'abord par du schiste noir doux, feuilleté, qui plus haut passe à un schiste gris doux, parfois avec belles fougères, comme au puits Grand-Bac, à Lahaye.

N° **50**. VEINES SIMONETTES. — La stampe qui vient ensuite jusqu'à la veine Houlleux se fait remarquer dans le bassin de Liége par les caractères suivants :

Les veines qu'on y rencontre présentent la variabilité la plus extrême, aussi bien dans leur puissance que dans le caractère de leurs terrains encaissants. Ce qui constitue une veine ici, n'est à quelque distance qu'une veinette inexploitable et vice versa. Aussi il en résulte que l'établissement des synonymies est des plus laborieux, si pas impossible, à cause de la nature changeante des caractères.

Cette stampe est relativement très riche en charbon. Tantôt ce charbon est distribué en nombreuses veinettes ou veines terreuses presque inexploitables, tantôt au contraire il est réuni en plusieurs veines exploitables. La variation ne semble suivre aucune règle, ou du moins je ne suis pas parvenu à la découvrir.

Je dois donc déclarer que les assimilations que je donnerai ci-dessous ont encore un caractère provisoire et seront sujettes à confirmation.

Les veines appelées, au Bois-d'Avroy, Simonettes, séparées et inexploitables, représentent peut-être les deux sillons de la veine appelée Quatre-Pieds inférieure, qui joue un grand rôle dans les concessions de l'Ouest du bassin. Cette veine se montre au Gosson, au Nord de la faille Saint-Gilles, avec la composition suivante :

Faux-toit . . .	0^m10
Charbon. . . .	0^m30
Schiste	0^m15
Charbon. . . .	0^m25

Elle garde cette composition en deux sillons, mais en augmentant d'épaisseur, en allant vers l'Ouest, par Sarts-au-Berleur, Valentin-Coq, Grands-Makets.

A l'Est du méridien du Gosson, la veine Quatre-Pieds n'est plus exploitable. Ce fait doit être attribué tantôt à une diminution de puissance, tantôt, comme l'exemple signalé au Bois-d'Avroy, à ce que les deux sillons de la veine s'écartent trop pour pouvoir être exploités ensemble et ne constituent plus alors que des veinettes. C'est ce dernier cas qui est le plus fréquent. Mais partout la veine conserve le même caractère d'avoir au toit un schiste noir feuilleté avec débris végétaux souvent très bien conservés. Ce toit en montant devient rapidement psammitique et renferme surtout alors de beaux restes végétaux.

Aux Kessales, la veine Quatre-Pieds est représentée par la veine Magneumehon, qui dans la région du Nord-Est du puits n° 1 se présente en deux lits de 0^m35 chacun, séparés par 0^m12 de mur. Le toit est rempli de beaux débris de *Calamites*. Au Horloz, ce niveau serait représenté, au puits de Tilleur, par une veinette de 0^m40, située à 15 mètres sous Frédéric (Grand-Marêt).

Au Bois-d'Avroy, il y a, à l'étage de 259 mètres du puits du Grand-Bac, au Nord de la faille de Seraing, une veinette avec toit feuilleté noirâtre et débris de fougères, que nous assimilons au même horizon. Elle est à 25 mètres au Sud de Grand-Marêt et présente la composition suivante :

Charbon. . . .	0^m18
Pierre	0^m02
Charbon. . . .	0^m08

Au charbonnage de Patience-Beaujonc, il y a, à l'étage de 245 mètres du bure Beaujonc, une veinette située à 20 mètres normalement au-dessus de la couche Quatre-Pieds et qui est aussi en deux lits séparés par un petit banc de pierre. Son toit grisâtre, doux, est rempli de débris végétaux, et c'est certainement l'équivalent de la veine Quatre-Pieds du Gosson. Au-dessus du toit, il y a des bancs de grès, comme c'est fréquemment le cas pour la veine Quatre-Pieds.

Dans la partie Nord-Est du bassin, notamment à la Batterie, l'horizon n'est plus représenté que par une veinette insignifiante de charbon terreux, située à 17 mètres sous la veine Grand-Marêt.

N° **50***bis*. VEINETTE. — Au Gosson-Lagasse, au Nord de la faille Saint-Gilles, il y a, sous la veine Quatre-Pieds, une veinette ayant parfois un peu de briha au toit. Ce toit est constitué par un beau schiste noir, fort remarquable par la belle régularité et la belle structure zonaire qu'il présente et qui est due à l'existence d'innombrables et minces bandes de sidérose grise. Au puits du Bois-d'Avroy, il y a aussi une veinette de briha dans cette région. Cette veinette constitue un excellent repère, car on la retrouve partout et, comme nous le dirons dans la deuxième partie, elle est non moins remarquable par la continuité de son niveau fossilifère. Aux Kessales, dans la région au Nord-Est du puits n° 1, il y a entre les veines Magneumehon et Malpayement une veinette de $0^{m}15$ avec briha au toit et dont le toit est constitué par des roches identiques à celles que nous venons de décrire au Gosson. Une veinette également avec briha et schiste zonaire au toit existe aussi à Patience-Beaujonc, à la bacnure Nord de l'étage de 245 mètres du bure Beaujonc, à environ 16 mètres normalement au-dessus de la veine Quatre-Pieds.

N° **51**. CALCAIRE. — M. P. Fourmarier a signalé récemment la présence, à $3^{m}50$ sous la veinette dont nous venons de parler, d'un banc de calcaire, au charbonnage de Gosson-Lagasse. Ce banc est à allure nettement lenticulaire, mais cependant assez constant, car on le retrouve en différents endroits du charbonnage. Il a une puissance d'environ $0^{m}40$ et est, comme les roches semblables du Houiller, argileux et ferrifère, sillonné de veines blanches.

Aux Kessales, il y a, sous la veinette que nous avons signalée au numéro précédent, un petit banc continu de sidérose intercalé dans des schistes compacts à cassure conchoïdale, calcarifères, situés à environ 3 mètres sous la veinette.

Dans d'autres endroits, il y a, au même niveau, un banc de 1 mètre de roche calcareuse à cassure conchoïdale.

Ce banc calcareux a été retrouvé, au Sud de la faille de Saint-Gilles, au puits du Grand-Bac du charbonnage du Bois-d'Avroy, un peu au-dessus de la veine appelée Cor.

N° **52**. VEINE COR. — La présence du banc calcaire dont je viens de parler, l'épaisseur des stampes et le caractère paléontologique et lithologique du toit de la veine Cor du charbonnage du Bois-d'Avroy, permettent de raccorder cette couche bien connue, au Sud de la faille Saint-Gilles, avec la veine Cinq-Pieds inférieure du Gosson-Lagasse, au Nord de la même faille.

La veine dont nous parlons ici est de loin la plus importante qu'il y ait entre Houlleux et Grand-Marêt, à cause de sa constance et de son exploitabilité.

Au puits du Bois-d'Avroy, cette veine, appelée Cor ou Herpay, se composait d'un seul lit de charbon de $0^{m}41$. Je leur assimile : la veine Léon du puits de Tilleur du Horloz (puissance : $0^{m}45$ en un sillon) et la veine Malpayement des Kessales (puissance : $0^{m}40$ en un seul lit). Au Nord de la faille Saint-Gilles, la veine Cinq-Pieds inférieure du Gosson a aussi un seul lit de charbon de $0^{m}40$ de puissance.

Je n'ai pas de doute que la veine Cinq-Pieds du Gosson ne soit représentée à Patience-Beaujonc par l'importante veine Quatre-Pieds, assez variable, mais qui se présente toujours en deux lits séparés par un banc de schiste. Le toit de la veine est un schiste feuilleté doux passant rapidement à un schiste compact psammitique, identique à celui que l'on observe au toit de la veine Malpayement des Kessales et de la veine Cinq-Pieds du Gosson à la bacnure Nord de 500 mètres (dressant à 186 mètres du puits n° 2).

Je rapporte aussi au même niveau la veine Lophaye de la Batterie, qui a un toit noir feuilleté et un mur tout à fait extraordinaire, rempli de lentilles volumineuses de charbon.

Ce caractère de lentilles de charbon dans le mur se retrouve aussi à Patience-Beaujonc dans le mur de la veine Quatre-Pieds, notamment à la bacnure Nord de l'étage de 360 mètres du bure Beaujonc. La présence en commun de ce caractère si particulier, l'identité des roches du toit et de la faune de ces roches ne laissent pas de doute sur la synonymie de cette veine Lophaye, qui a été mise récemment en exploitation à la Batterie, et permettent de se retrouver dans la syno-

nymie assez compliquée des couches inférieures de ce charbonnage. A la Batterie comme à Patience-Beaujonc, il y a sous et près de la veine deux ou trois veinettes fort rapprochées.

Au Nord de la faille de Seraing, au puits du Grand-Bac du Bois-d'Avroy, la veine Cor a la même composition que dans le bassin de Seraing, c'est-à-dire qu'elle est en deux sillons séparés par un banc assez épais de schiste, le sillon du dessus étant toujours le plus épais.

Le toit de la veine Cinq-Pieds du Gosson est formé d'abord par un mince lit de « briha », au-dessus duquel vient du schiste noir doux, feuilleté, fossilifère, passant rapidement au-dessus à du schiste gris riche en végétaux (des Neuropteris surtout). Le toit de la veine Malpayement, au charbonnage des Kessales, dans la région du Nord-Est, présente absolument les mêmes caractères.

N° **53**. VEINETTE. — Au puits du Bois-d'Avroy, il y a, sous la veine Herpay, une veinette de briha de 0m40. On retrouve dans beaucoup d'endroits, à cet horizon, une veinette de briha ou de charbon anthraciteux remarquable.

Au puits de Tilleur du Horloz, il y a à 8 mètres sous la veine Léon, une veinette de « croha » de 0m30 sur 0m10 de charbon. Aux Kessales, on retrouve sous la veine Malpayement une veinette de croha en plusieurs lits séparés par du schiste noir feuilleté et située à environ 5 mètres sous la veine Malpayement. La même veinette de croha a été retrouvée dans l'avaleresse du puits n° 1 de Gosson-Lagasse, à 5 mètres sous la veine Cinq-Pieds et à la profondeur de 536 mètres. Chose tout à fait extraordinaire, ce croha, qui avait 0m12, titrait 35 % de matières volatiles et reposait directement sur 0m14 de charbon ordinaire ne titrant que 14 % de matières volatiles. Le même croha se retrouve au siège n° 2, à la bacnure Sud de 424 mètres, sous la veine Cinq-Pieds.

La couche appelée Douce-Veine au charbonnage de la Batterie, assez épaisse mais inexploitée, pourrait peut-être représenter cet horizon. Elle a un toit de schiste feuilleté. Au charbonnage de Patience-Beaujonc, il y a, au-dessus de la veine appelée Anthracite et dont nous parlerons plus loin, une belle veinette de 0m28 entre faux-toit et faux-mur. Elle est à 30 mètres au Sud de la veine Anthracite, dans la bacnure Nord de l'étage de 360 mètres du bure Beaujonc. Elle a, comme la Douce-Veine, un toit doux et feuilleté, et l'analogie des caractères paléontologiques nous engage à les synchroniser. Au charbonnage de la Batterie, bacnure Nord de 194 mètres, il y a, entre Douce-Veine

et Grande-Doucette, une belle veinette épaisse dont le toit ressemble beaucoup à celui de la Douce-Veine comme roche et comme fossiles. Je ne serais pas étonné que ce fût un redoublement de la Douce-Veine; sinon elle constitue un niveau que je n'ai pas retrouvé ailleurs.

N° **54**. VEINE BÉCHETTE. — La veine appelée, au puits Bois-d'Avroy, l'Œuvre-au-Lard ou Béchette est, après la veine Cinq-Pieds, la plus constante et la plus importante du faisceau, si variable dans ses conditions d'exploitabilité, qui va de Grand-Marêt à Houlleux. Elle a cependant une composition très variable. Au puits Bois-d'Avroy, elle avait $0^{m}45$ en un seul lit très dur. Son équivalent, la veine Charles du puits de Tilleur du Horloz, a la même composition. Plus à l'Ouest, elle s'amincit dans ces allures. Au Nord de la faille de Seraing, au puits du Grand-Bac, elle se compose de deux lits, mais garde la même épaisseur totale. A Lahaye, elle a été exploitée par le bure Piron entre la faille Marie et la faille de Seraing, sous le nom de veine Bernalmont. Au Nord de la faille Marie, elle n'est plus exploitable, et la veine appelée Béchette n'y a plus que $0^{m}32$ de charbon en deux sillons. Au Nord de la faille Saint-Gilles, je pense qu'elle est représentée à l'Espérance-Bonne-Fortune par la veine Cinq-Pieds inférieure, une veine en deux sillons.

L'horizon de la veine Béchette paraît être représenté aux Kessales par la veine appelée Vigne ou Croha. Elle est en un seul lit de charbon particulier et a au-dessus un banc de $0^{m}10$ de Croha, surmonté de schiste noir feuilleté.

Au Bois-d'Avroy, le toit de la Béchette est un schiste noir, feuilleté et doux au toucher, ce qui est d'ailleurs son caractère général.

Sur le bord Nord du bassin, on retrouve le complexe des deux veines Béchette et Jean-Michel assez reconnaissable. J'assimile à la veine Béchette la très remarquable veine appelée, à Patience-Beaujonc, parfois et improprement Grande-Doucette, plus souvent veine Anthracite. Ce dernier nom lui vient de ce qu'elle renferme un des combustibles belges qui se rapprochent le plus de l'anthracite par les caractères physiques et chimiques. C'est un charbon dur, à cassure conchoïdale, brillant. Tantôt, comme à la bacnure Nord de l'étage de 245 mètres du bure Beaujonc, cette anthracite ne constitue qu'un lit de $0^{m}06$ au toit d'une veinette assez épaisse de charbon ordinaire. Tantôt, au contraire, l'anthracite forme une veine en trois sillons d'environ $0^{m}25$ chacun, séparés par des bancs schisteux. C'est ce qui se voit à la bacnure Nord

de l'étage de 360 mètres du même puits. Le toit de la veine est noir, feuilleté, avec zones grises et assez pesantes, fossilifère.

Je compare à cette veine la couche Grande-Doucette du charbonnage de la Batterie. Cette veine, activement exploitée, n'a pas de combustible particulier, mais son toit est semblable à celui de la veine Anthracite.

La Grande-Doucette est en deux lits séparés par une intercalation schisteuse qui, parfois faible, peut grandir jusqu'à acquérir 1^{m}20 de puissance.

N° **55**. VEINE JEAN-MICHEL. — La veine appelée Jean-Michel ou Bon-Poyon au puits Bois-d'Avroy est en deux lits et assez épaisse. On la retrouve sous le même nom à Lahaye (puits Piron), mais, en dehors de là, il est difficile d'établir la synonymie de cette veine, à cause de sa variabilité et de son inconstance. Je ne sais trop ce qui représente le niveau de la veine Jean-Michel au Horloz et aux Kessales. Il est probable que Jean-Michel, veine à lits multiples, s'est effilochée en plusieurs veinettes. Au Horloz, il existe sous la veine Charles plusieurs veinettes dont la plus épaisse, appelée veine Hippolyte, est censée représenter Jean-Michel. Aux Kessales, il y a, à 5 ou 6 mètres sous la veine Vigne, une belle veinette de 0^{m}22 avec toit de schiste noir zonaire. Sous son mur, il y a une petite veinette comme pour la veine Jean-Michel, et celle-ci repose sur du grès. Ce complexe pourrait peut-être représenter la veine Jean-Michel.

En tous cas, c'est le seul endroit où la veine Jean-Michel aurait un toit de schiste doux, feuilleté, coquillier. Partout ailleurs, le caractère de la veine est d'avoir un toit assez psammitique, avec débris végétaux. Ainsi au charbonnage de Patience-Beaujonc, j'assimile à cet horizon une belle et épaisse veinette située à 3 mètres sous la veine Anthracite. Cette veinette inexploitée a été parfois appelée Grande-Doucette. Elle a au toit un schiste psammitique noir, pesant, micacé et avec débris végétaux assez bien conservés. En dessous viennent des bancs de grès assez durs à allure lenticulaire.

Au Bois-d'Avroy, le toit de la veine Jean-Michel est un schiste gris, psammitique, avec débris abondants de végétaux. Presque toute la stampe entre Béchette et Jean-Michel est d'ailleurs là formée par du psammite.

N° **55***bis*. VEINETTES. — Aux Kessales, dans la région au Nord-Est du puits n° 1, il existe, à environ 10 mètres sous la veine Vigne, un

train de quatre veinettes distribuées sur 2 mètres d'épaisseur et séparées par du mur. La veinette inférieure est constituée par du briha et le toit de la supérieure est un schiste noir, doux. Ces veinettes acquièrent parfois localement une puissance qui les rendrait exploitables. C'est peut-être une de ces veinettes qui se poursuit au Horloz sous le nom de veine Hippolyte. Par contre, au puits Grand-Bac du Bois-d'Avroy, il n'y a rien à ce niveau.

N° **56**. VEINETTE. — Au charbonnage de Lahaye et à celui du Gosson, il y a, au Sud de la faille Saint-Gilles, une veinette à environ 12 à 15 mètres au-dessus de la veine Houlleux, dont le toit est formé par un schiste noir, luisant, bien feuilleté et très doux.

Aux Kessales, au Nord-Est du puits n° 1, il existe partout une veinette en deux lits écartés de 1 mètre au-dessus de la Grande-Veine. Le toit du lit supérieur est formé par du schiste d'abord noir luisant, sonore, feuilleté, passant à du schiste noir mat, à rayure brune. Au Bois-d'Avroy, il y a partout, au même niveau, une veinette à deux ou plusieurs lits et à toit noir fossilifère.

N° **57**. GRÈS. — L'horizon de grès qui existe au-dessus de la veine Houlleux est très persistant et très reconnaissable dans les concessions au Sud de la faille Saint-Gilles. Son épaisseur n'est généralement pas très forte; elle peut atteindre 5 à 6 mètres, mais tombe parfois à $1^{m}50$. Mais il est fort continu et très dur. Il est généralement assez rapproché de la veine. Dans un travail tout récent, nous avons signalé que ce grès avait été rencontré au charbonnage du Gosson sous forme d'un grès très vitreux, dur, congloméré et très calcarifère. Au puits du Grand-Bac du Bois-d'Avroy, le grès était d'ailleurs aussi calcarifère.

N° **58**. VEINE HOULLEUX OU GRANDE-VEINE. — La stampe importante qui est comprise entre cette veine et la veine Malgarnie augmente d'épaisseur de l'Ouest vers l'Est. En effet, alors que cette stampe depuis Flémalle jusque Tilleur reste de 150 à 160 mètres, au Bois-d'Avroy elle monte à 190 mètres, pour augmenter encore dans la région de Herstal.

La veine Houlleux constitue une des veines les plus continues, si pas la plus continue du bassin de Liége, en même temps qu'elle en est une des plus importantes par sa puissance et la qualité de son combustible.

Elle est souvent en deux lits séparés par un peu de havage, le lit

supérieur étant le plus puissant. Elle est surtout épaisse aux puits voisins du Grand-Bac et de Tilleur, où elle atteint jusque 1m20 de puissance en charbon. Composition au puits du Grand-Bac :

Charbon. . . .	0m80
Havage	0m05
Charbon. . . .	0m40

Autour de ces points, elle s'amincit en tombant à 0m80 à Avroy-Boverie, 0m85 à Lahaye (veine Grande-Moisa), 0m70 aux Kessales (Grande-Veine), 0m70 au Gosson (Sud de la faille). Quand on arrive à ces épaisseurs réduites, la veine n'est plus qu'en un lit.

Dans les allures Nord du bassin, on constate que la veine reprend une grande puissance, en même temps qu'elle a une grande tendance à se réunir à une veine qui lui est un peu supérieure et qui n'est peut-être qu'un sillon écarté de la veine. Au charbonnage des Artistes-Xhorré, on voyait déjà une tendance à ce fait, car au-dessus de la veine qui avait 0m85 de puissance, on trouvait, à une distance d'environ 0m60, une veinette de 0m20 qui s'écartait parfois fortement de la veine.

Dans les allures du Nord, seule région où cette veine supérieure à Houlleux existe exploitable et avec une individualité le plus souvent distincte, elle est généralement appelée veine Six-Poignées, Houlleux portant le nom de Grande-Veine (Bonnier, Espérance-Bonne-Fortune). A ce dernier charbonnage, on a très bien vu, au puits Bonne-Fortune, la veine Six-Poignées, souvent séparée de la Grande-Veine par 5 à 6 mètres de roche, se réunir à elle pour former une veine de 1m70 d'ouverture avec 1m40 de charbon. Au charbonnage contigu de Patience-Beaujonc, la veine Six-Poignées est restée distincte avec 1 mètre de charbon en deux lits (veine n° 8), tandis que Houlleux (appelé la veine Six-Poignées ou veine n° 9) a 1m40 de charbon en deux lits. C'est en ce point du pays de Liége que ce que l'on peut appeler la formation de Houlleux a de loin son maximum de puissance. Dans la partie orientale du bassin, on n'est pas encore bien fixé sur le niveau qui représente par là la veine Houlleux. En tous cas, il est certain que la veine y est beaucoup plus mince, car il n'y existe aucune autre comparable, comme puissance, au Houlleux que nous venons de décrire.

Le toit de la veine Houlleux est généralement gris, psammitique, et passe même à un vrai psammite dur lorsque le banc de grès supérieur

se rapproche très fort de la veine. Ce toit est souvent riche en belles empreintes végétales.

Dans la région entre la faille de Saint-Gilles et celle de Seraing, il existe fréquemment sous le mur de la veine Houlleux une veinette parfois formée de briha et qui repose sur un grès particulier. Cette veinette est connue aux Artistes-Xhorré et aux Kessales sous le nom de layette de Grande-Veine. Elle existe aussi au Horloz et au Bois-d'Avroy.

N° **59**. GRÈS. — Ce niveau de grès existe presque partout où se trouve la veinette précédente. Au charbonnage du Bois-d'Avroy, ce grès est assez calcarifère. Au puits Bon-Buveur des Kessales, il affecte de curieuses allures lenticulaires et devient extrêmement dur et grossier.

N° **60**. VEINE WICHA. — La veine bien connue, dans le bassin de Seraing, sous ce nom est un niveau qui dans les concessions centrales du bassin de Liége est aisément reconnaissable au briha épais et brillant qui unit fortement la veine à son toit. Ce briha se retrouve au Bois-d'Avroy, au Horloz, à Lahaye (veine Petite-Moisa), au Gosson et aux Kessales. Il peut atteindre jusque 10 centimètres de puissance et montre une graduelle et insensible transition entre le charbon et le toit de la couche, qui justement, aux mêmes endroits, se montre formé d'un schiste noir luisant, dur, sonore, feuilleté, doux, à rayure brillante, ressemblant tout à fait à de l'ardoise. Ajoutons que ce briha, à certains charbonnages, s'est montré aussi riche en matières volatiles que la couche.

Au-dessus du schiste noir feuilleté du toit, on voit apparaître brusquement du schiste gris un peu psammitique, non feuilleté, à cassure irrégulière.

La veine Wicha se présente d'habitude en deux sillons peu séparés et d'une puissance totale moyenne de $0^{m}70$ [Horloz, Bois-d'Avroy, Lahaye, Avroy-Boverie, Patience-Beaujonc (veine n° 10)].

Dans la partie occidentale du bassin, la veine subit une remarquable transformation. A la place d'une veine unique apparaissent deux veines assez complexes, qui proviennent peut-être du dédoublement de la veine Wicha ou de l'apparition d'une nouvelle veine entre Houlleux et Wicha. Chose remarquable, ce briha du toit si caractéristique de la veine Wicha se montre en même temps au-dessus de ces deux nouvelles veines, mais cependant mieux caractérisé au toit de la veine inférieure,

qui dans la seconde hypothèse ci-dessus serait donc la vraie veine Wicha. Pour donner un exemple de ce nouvel état de choses, nous allons indiquer ce que l'on voit au charbonnage des Kessales, puits du Bon-Buveur, étage Nord de 225 mètres :

	Schiste gris irrégulier.		
	Schiste noir, feuilleté, passant à du briha vers le bas. . .	$0^{m}10$	
Veine. Quatre-Poignées.	Charbon	$0^{m}40$	
	Mur bien stratifié. . . .	$0^{m}27$	
	Charbon	$0^{m}02$	
	Mur psammitique, feuilleté.	$0^{m}80$	4 mètres.
	Psammite	$1^{m}50$	
	Toit de schiste gris irrégulier.	$1^{m}30$	
	Schiste noir et briha. . .	$0^{m}08$	
Veine. Trois-Poignées.	Charbon	$0^{m}38$	
	Mur dur avec rognons de sidérose	$0^{m}80$	
	Faux-toit	$0^{m}10$	
	Charbon.	$0^{m}31$	

N° **61**. VEINETTE. — Cette veinette est assez constante sous la veine Wicha, mais cependant on constate parfois qu'elle fait défaut, et dans ce cas on remarque que le banc de calcaire dont nous allons parler, qui est parfois éloigné de la veine Wicha de 10 à 13 mètres, se rapproche jusque 3 à 4 mètres de la veine. Cet amincissement de stampe entraîne alors la disparition de la veinette.

N° **62**. CALCAIRE. — M. P. Fourmarier a signalé pour la première fois (1) la présence d'un banc de calcaire sous la veine Wicha, rencontré dans l'avaleresse du puits n° 2 de Gosson-Lagasse. Depuis lors, il a encore signalé (2) l'existence du même banc au charbonnage du Horloz et du Bois-d'Avroy, et il a donné les résultats de l'analyse du calcaire du Gosson et de celui du Horloz, qui montrent qu'il s'agit d'une roche formée de calcaire, de fer, d'alumine et de silice. Ce banc a une puissance variant de $0^{m}40$ (Horloz) à $0^{m}90$ (Bois-d'Avroy). Il est gris, à grain fin et homogène et à cassure conchoïdale,

(1) Cf. *Ann. Soc. géol. de Belgique,* t. XXVIII, 1900. Bull., p. 102.
(2) Cf. *Ann. Soc. géol. de Belgique,* t. XXVIII, 1900. Bull., p. 287.

traversé de minces veines blanches de calcite. Il est très dur et très tenace. Lorsque la veinette signalée au numéro précédent existe, il se trouve à 3 mètres (Horloz) ou à 5 mètres (Lahaye) en dessous, et est naturellement alors assez éloigné de Wicha. Par contre, quand cette veinette fait défaut, il est à 3 ou 4 mètres sous Wicha. A Lahaye, puits Saint-Gilles, il se montre nettement lenticulaire, car il se termine en coin dans une bacnure, et c'est d'ailleurs là l'allure caractéristique des calcaires du Houiller.

M. Seigneur, ingénieur au charbonnage des Kessales, a retrouvé le niveau de calcaire sous la veine Wicha, dans la région de ce charbonnage qui confine au bassin de Seraing. Dans la région Nord de ce charbonnage, j'ai pu constater, au puits Bon-Buveur, que ce banc était remplacé par un banc continu de sidérose de 0^{m}05 environ d'épaisseur, confirmant ainsi la supposition qui avait été émise par M. Fourmarier, que ce calcaire pouvait latéralement se transformer en sidérose. Enfin, dans les travaux du puits n° 1 des Kessales, M. Seigneur a aussi retrouvé le calcaire sous la veine Trois-Poignées, à l'étage de 412 mètres et à 650 mètres à l'Ouest du puits. Il se présente en deux bancs de 0^{m}50 séparés par 3 mètres de schiste. Le banc inférieur est le plus caractéristique; 1^{m}50 en dessous se trouve une veinette.

N° **63**. VEINETTE. — A Lahaye, au Bois-d'Avroy, aux Kessales, il y a, sous le banc de calcaire, une veinette au toit noir, feuilleté, doux, souvent très fossilifère.

N° **64**. VEINE PETIT-HARENG. — La stampe comprise entre cette veine et celle dite Grand-Hareng est très variable comme puissance des couches et des terrains encaissants. Le plus souvent, il y a là beaucoup de veinettes, toutes inexploitables. Parfois cependant, il y a là une ou deux veines, connues dans le bassin de Seraing sous les noms de Petit-Moulin et de Grand-Moulin. Il est presque impossible d'établir exactement la synonymie de toutes ces veinettes et veines généralement peu importantes. Elles présentent d'ailleurs une extrême variabilité dans leurs caractères lithologiques et paléontologiques, ainsi que dans leur puissance en charbon. En effet, toutes ces veines ou veinettes sont susceptibles, tour à tour, de s'épaissir localement au point de devenir exploitables, alors que, à proximité, ce ne sont que de simples veinettes. Le gâchis que l'on constate dans les noms appliqués à toutes ces veines témoigne assez, d'ailleurs, de la difficulté de les raccorder.

La veine Petit-Hareng des Kessales, appelée Bagosset aux Artistes-Xhorré, correspond très vraisemblablement au Grand-Moulin de Seraing. C'est une veine en deux layes de $0^{m}40$ à $0^{m}45$ au total.

N° **65**. VEINETTE. — Aux Kessales, il y a plusieurs veinettes assez épaisses sous la veine Petit-Hareng. La deuxième a un toit de schiste doux, feuilleté. Celle qui est en dessous, plus épaisse, est quelquefois exploitée sous le nom de veine Faux-Bagosset.

N° **66**. VEINE BAGOSSET. — Nous arrivons ici à un train de quatre couches, qui sont beaucoup plus importantes et plus constantes, ou en tous cas plus régulières dans leur variation. En effet, ce train est surtout riche dans le Sud et l'Ouest du bassin. En allant vers l'Est, il s'appauvrit graduellement. Ainsi, au méridien de Liége, il ne renferme déjà plus que deux couches exploitables, et probablement plus qu'une dans le pays de Herstal. La veine Bagosset, qui est le représentant de la veine Six-Poignées, de Seraing, se montre aux Kessales en deux lits ayant en tout $0^{m}50$ de charbon. Elle diminue vers l'Est au point de devenir inexploitable. Vers l'Ouest, elle est connue aux Artistes-Xhorré sous le nom de Hareng. Plus à l'Ouest, elle semble se transformer en plusieurs veinettes inexploitables.

Au Horloz, elle n'existe non plus qu'à l'état de veinette, à moins, ce qui est assez probable, que la veine Six-Poignées ne soit représentée au Horloz par la veine Grand-Moulin, comme semblerait l'indiquer la composition de celle-ci. Dans ce cas, la stampe entre cette veine et la Délyée-Veine serait beaucoup plus forte, ce qui pourrait provenir de l'épaississement notable du banc du grès du Bagosset, au Horloz.

Au Bois-d'Avroy, la stampe diminuerait de nouveau, par suite de la diminution et même de la disparition du grès du Bagosset (au Nord de la faille de Seraing) dans la stampe située entre Délyée-Veine et Petit-Moulin, dont la composition au puits Grand-Bac rappelle celle du Grand-Moulin du Horloz.

N° **67**. GRÈS DU BAGOSSET. — Dans la région des Awirs et de Flémalle, il existe, vers ce niveau ou un peu plus haut, un horizon de grès assez épais appelé grès du Bagosset. Fort aminci aux Kessales, il augmenterait au Horloz, pour disparaître au Bois-d'Avroy. Mais la position de ce grès n'est pas déterminée avec certitude, parce que là où il est le mieux caractérisé, au charbonnage de Sart-d'Avette, il n'est plus accessible, et la synonymie des couches n'est pas établie avec cer-

titude. Il pourrait donc être représenté par le banc de grès, plus récent, situé non pas en dessous, mais bien au-dessus de la veine Bagosset. Dans ce cas, ce que je viens d'en dire serait non avenu.

N° **68**. VEINE GRAND-HARENG. — Cette veine, qui est la Délyée-Veine de Seraing, constitue, aux Kessales, une belle couche en deux lits presque égaux de $0^{m}45$ chacun et séparés par un peu de havage. Aux Artistes-Xhorré, où on l'appelle Hardie, elle a la même composition, mais n'a plus que $0^{m}65$.

Dans la région des Awirs, elle est connue sous le nom de veine Mauvais-Toit, Escargot, Innocente. Au puits Héna de Bon-Espoir, la veine est encore en deux lits séparés par $0^{m}06$ de schiste, mais elle n'a que $0^{m}50$ de charbon. A l'Est des Kessales, au Horloz, la Délyée-Veine a $0^{m}70$ de puissance en trois layes séparées par du schiste. Au Bois-d'Avroy, puits Grand-Bac, on voit très bien la variabilité de composition de la Délyée-Veine, car elle se présente en un, en deux, mais le plus souvent en trois lits. On constate aussi, lorsque la veine est en plus d'un lit, qu'il y a entre deux lits un banc de pierre dure, pesante, pyriteuse, un nierai, semblable à celui de la Dure-Veine de Gosson-Lagasse. Ce caractère se retrouve aussi dans la Délyée-Veine du bassin de Seraing.

Plus à l'Est, à Avroy-Boverie et au delà, la veine passe à l'état de veinette. Au Horloz et au Bois-d'Avroy, le toit de la couche est un schiste gris noirâtre avec abondants débris végétaux. Aux Kessales, le toit est gris psammitique, et aux Awirs, c'est du schiste psammitique noir foncé.

N° **69**. CALCAIRE. — Au charbonnage du Bois-d'Avroy, il y a, entre Délyée-Veine et Dure-Veine, un banc de psammite très calcarifère. Ce banc, qui a 1 mètre de puissance à la bacnure Nord de l'étage de 409 mètres du puits Grand-Bac, a présenté à l'analyse la composition suivante :

Résidu insoluble	$26^{m}64$
Alumine	$3^{m}84$
Chaux	$32^{m}87$
Magnésie	$1^{m}70$
Sesquioxyde de fer . . .	$4^{m}80$
Perte au feu	$29^{m}56$
	$99^{m}41$

Au charbonnage de Bon-Espoir, aux Awirs, il y a régulièrement, sous la veine Mauvais-Toit, un banc calcaire très dur (clavai). A la bacnure principale Sud de l'étage de 340 mètres, il présente la composition suivante :

Veine Mauvais-Toit.	
Schiste psammitique bien stratifié, sans radicelles . .	1m00
Banc de calcaire pyriteux avec veines blanches . . .	0m08
Schiste dur, siliceux	0m12
Banc de calcaire avec veines blanches	0m70

Ce calcaire est à grain extrêmement fin, homogène, à cassure conchoïdale, et ressemble tout à fait à celui qui est sous la veine Wicha.

Aux Kessales, il y a sous le mur de la veine Grand-Hareng de gros nodules de sidérose calcarifère.

N° **70**. VEINE KINETTE. — Cette veine est le correspondant de la Dure-Veine de Seraing. Aux Kessales, la veine est appelée Kinette et possède deux ou trois lits, dont le supérieur est le plus épais, et elle a en tout 0m60 de charbon. Vers l'Ouest, dans la région de Flémalle et de Horion-Hozémont, elle est connue sous le nom de Mâcy-Veine. Je lui rapporte la veine connue à Bon-Espoir sous le nom de Grosse-Veine et qui a 0m60 en un lit avec 0m03 de faux-mur. En allant vers l'Est, la veine est aussi en un seul lit, ce qui est son caractère le plus frappant. Ainsi, au Horloz, au Bois-d'Avroy, à Avroy-Boverie, la veine a 0m60 à 0m70 en un lit.

Il est à remarquer que sur la rive droite de la Meuse, la même variation se remarque. Dure-Veine, qui a deux sillons à Marihaye, en a un seul dans toutes les concessions à l'Est.

Je lui assimile, mais avec beaucoup de doute, la veine importante connue aux alentours de Herstal sous le nom de Grande-Bovy, qui se montre en deux lits séparés par 0m20 de havage, l'inférieur étant très petit et le supérieur ayant 0m60.

Dans les concessions du centre du bassin, la Dure-Veine est remarquable par son toit de schiste gris un peu siliceux, riche en très belles empreintes végétales. Dans les concessions occidentales, Baldaz-Lalore, Bois-d'Othet, Bon-Espoir, la même roche avec empreintes végétales se retrouve au toit, mais il vient s'intercaler entre elle et la veine un schiste noir, feuilleté, fossilifère. A Bon-Espoir notamment, il y a, au-dessus de la Grosse-Veine, un mince lit de briha, puis du schiste

noir, doux, avec lits de sidérose grise, qui passe insensiblement à du schiste gris avec belles empreintes végétales.

N° **71**. VEINE HARDIE. — Cette veine, qui est la Grande-Veine de Seraing, a 0^m50 à 0^m60 de charbon en un lit aux Kessales, où elle est peu puissante. Vers l'Est, elle reste en un lit au Horloz, où elle acquiert 0^m80, et en un lit également au Bois-d'Avroy et à Avroy-Boverie, où elle atteint 0^m90. A l'Ouest, à Baldaz-Lalore, Artistes-Xhorré, Bois d'Othet, elle est connue sous le nom de Veine au Grès. Elle se présente aussi en un seul lit. Plus à l'Ouest, aux Awirs, la formation semble devenir plus complexe, la veine se présente en deux layes et porte le nom de veine Deux-Layes du Nord. De plus, il apparaît, entre cette veine et la Grosse-Veine, des veinettes, qui existent déjà à Flémalle d'ailleurs et qui parfois sont au nombre de deux; parfois, en se réunissant, elles donnent naissance à une veine exploitée sous le nom de Kinette ou Petite-Veine. Cette veine est parfois si rapprochée de la veine Deux-Layes du Nord que son mur forme le toit de cette dernière. Il arrive même que cette dernière veine présente trois layes; c'est le cas à l'étage Sud de 340 mètres, comme le montre la composition suivante :

Charbon. . . .	0^m30
Pierre	0^m06
Charbon. . . .	0^m22
Pierre	0^m14
Charbon. . . .	0^m30

Le mur de la couche renferme souvent énormément de nodules de sidérose. A Bon-Espoir, on y rencontre régulièrement, à une distance d'environ 1 mètre, un banc continu de calcaire impur, compact, parfois pyritifère et semblable à celui que nous avons décrit sous la veine Wicha. Il a d'habitude environ 0^m50. Aux Kessales et là où la veine est appelée Veine au Grès, il y a dans le mur, très dur, de un à trois minces bancs d'un grès passant au quartzite (clavai de Hardie) et dont le supérieur est parfois directement sous le charbon de la couche.

Dans les concessions centrales, le toit de la veine est un schiste psammitique gris, compact, peu feuilleté, ayant parfois à la base une petite couche de faux-toit feuilleté et rempli de plantes à plat. On sait que c'est dans le toit de cette veine, au puits Grand-Bac du charbonnage du Bois-d'Avroy que le R. P. Schmitz a décrit un important gisement de troncs d'arbres-debout.

Au charbonnage de Sart-d'Avette, il existe sous la veine Hardie une veinette de 0^{m}30, appelée veine Croha, inconnue ailleurs et qui présente de l'intérêt à cause de la description qu'en ont donnée les anciens auteurs. En effet, d'après A. Dumont et Davreux, cette veinette reposerait sur un banc d'anthracite de 0^{m}10, qui lui-même reposerait sur un banc de sidérose de 0^{m}14.

N° **72**. GRÈS. — L'horizon de grès auquel nous arrivons est très persistant et bien connu sous le nom de grès de Grande-Veine dans les concessions de la rive droite de la Meuse et aussi sur la rive gauche à l'Est de Flémalle. A l'Ouest de ce point, il s'amincit ou il s'écarte de la veine et est connu sous le nom de grès de Deux-Layes. C'est un grès gris, très dur par places, en un ou plusieurs bancs, avec des intercalations schisteuses ou psammitiques. Il constitue le troisième horizon de M. Malherbe.

Aux Kessales, puits du Bon-Buveur, ce grès est très épais et dur, et il vient tout à fait en contact avec la veine Bomébac. De plus, ce grès présente un aspect absolument particulier. Il est blanc, grenu et ressemble complètement à certains grès tertiaires, notamment au grès du Landenien supérieur.

N° **73**. VEINE BOMÉBAC. — Les strates du bassin houiller liégeois comprises entre la Grande-Veine et le grès de Flémalle nous offrent de curieux exemples de la variabilité que peuvent présenter les veines de charbon, même en des points très rapprochés. Il semblerait qu'après que les causes ayant donné naissance au grès de Flémalle auraient pris fin, un état d'équilibre instable aurait persisté dans le bassin en voie de formation. Ainsi, dans la région la plus occidentale où le grès de Flémalle soit connu, il existe au-dessus deux veines appelées improprement Grande et Petite-Harbotte; ces deux veines présentent au charbonnage de Bon-Espoir les allures les plus originales. Exploitées dans les dressants renversés du Midi, elles ne se trouvent à l'étage de 182 mètres qu'à 4 mètres l'une de l'autre. A l'étage de 165 mètres, elles sont déjà écartées de 11 mètres, et il est apparu entre elles un banc de grès de 8 mètres de puissance. Aux étages de 132 et de 107 mètres, la distance monte à 15 mètres. Le banc de grès s'est séparé en deux par la naissance d'un banc de schiste, dans lequel s'observe une veinette. En montant, des phénomènes inverses s'observent graduellement, la veinette disparaît, le grès s amincit et les veines se rapprochent. Au charbonnage des Artistes-Xhorre, il y a dans cette

région une veine appelée Bomébac, d'une puissance en charbon d'environ 0^m45 et en deux layes, qui représentent probablement la plus élevée des deux veines Harbottes précitées, c'est-à-dire la Petite-Harbotte. En dessous, il y a une petite veinette dont nous parlerons bientôt et qui serait le correspondant de la Grande-Harbotte; aux Kessales, le même genre de gisement se rencontre, mais la veine Bomébac est en trois ou en deux layes. Au Horloz, la veine est devenue inexploitable et n'a plus que 0^m40, avec une veinette sous son mur. Au Bois-d'Avroy, la veine est remplacée par le curieux complexe suivant, dont les allures lenticulaires sont déjà visibles rien que sur la longueur des parois d'une bacnure :

Veinette.	0^m15
Schiste avec lits de charbon	0^m30 à 0^m60
Veinette en deux layes	0^m15
Grès lenticulaire se terminant en pointe . . .	0 à 0^m60
Schiste gris, compact	0^m85
Veinette.	0^m10

Dans la région de Herstal, il existe à ce niveau deux belles veines exploitées sous les noms de Haute-Claire et Grande-Veine, généralement séparées par 7 mètres de roches, mais qui sont sujettes à se réunir en donnant naissance à des allures curieuses qui ont été décrites par M. Joassart. La veine supérieure, la Haute-Claire, a une puissance allant parfois à 0^m60 de charbon en un lit. La Grande-Veine a tantôt un lit de 0^m55, tantôt deux lits, l'un de 0^m50, l'autre de 0^m20. Lorsque les deux veines sont très écartées, il y a entre les deux et tout contre la Grande-Veine, un banc de psammite dur.

Dans la région de Flémalle et des Awirs, la veine Bomébac est reconnaissable aux rognons de sidérose que montrent son mur et parfois la couche elle-même, rognons si nombreux qu'ils ont donné lieu à exploitation avant 1830.

L'abondance de la sidérose dans le mur de la veine Bomébac est connue depuis longtemps, car elle est déjà signalée dans le mémoire de A. Dumont sur la constitution géologique de la province de Liége, et même auparavant, Davreux et Wellekens (cf. *Messager des sciences et des arts de Gand*, 1829-1830, p. 211) avaient publié que la sidérose se trouvait dans le mur de la veine Bomébac, de 5 mètres d'épaisseur, dans la proportion de 15 % en poids et de 19 % en volume.

Dans les concessions centrales, le toit de la veine la plus élevée est

un schiste noir intense, pailleté, à rayure brune. A Herstal, la Haute-Claire a un toit gris, compact.

N° **74**. VEINETTE. — Il existe presque partout, tantôt immédiatement contre, tantôt un peu au-dessus du grès de Flémalle, une veinette qui est la Grande-Harbotte des charbonnages de Burton et de Bon-Espoir. Aux Kessales, c'est une petite veinette passant parfois à du briha et qui disparaît quelquefois. Cette veinette existe aussi aux Artistes-Xhorré, mais paraît faire défaut au Horloz. Elle existe au Bois-d'Avroy et à Herstal sous la forme d'une veinette reposant directement sur le grès de Flémalle. Son toit à Herstal (charbonnage de Bonne-Espérance) est un schiste noir, doux, feuilleté. Au Bois-d'Avroy et plus à l'Ouest, c'est un schiste noir intense, feuilleté, à rayure luisante.

N° **75**. GRÈS DE FLÉMALLE. — Ce niveau de grès est un des plus anciennement signalés du Houiller du pays de Liége. Il a, en effet, été renseigné par A. Dumont, qui avait parfaitement reconnu son importance comme moyen de synchroniser les couches. Ce grès n'est bien connu qu'au Sud de la faille de Saint-Gilles. Il présente son maximum de puissance dans la région des Awirs et de Flémalle. Il apparaît pour la première fois à l'Ouest, vers Saint-Georges. Sa puissance maximum est d'environ 16 mètres. Dans la vallée du ruisseau des Awirs, il existe également au Nord de la faille de Saint-Gilles, car on le voit, à la surface, très bien caractérisé, au charbonnage de l'Arbre-Saint-Michel. C'est un grès remarquable par son grain grossier, sa nature feldspathique et ses grandes lamelles de mica blanc qui, aux affleurements, prennent un éclat mordoré caractéristique. En profondeur, il est grisâtre, et à la surface, il a une teinte gris verdâtre foncé. Il est tantôt en un seul banc, tantôt en plusieurs bancs. Il diminue progressivement d'épaisseur jusqu'au Horloz et au Bois-d'Avroy, où il est au minimum, puis il augmente de nouveau fortement d'épaisseur à Avroy-Boverie, où il est en plusieurs bancs. On le retrouve encore à Bonne-Espérance, à Herstal, dans la stampe entre Grande-Veine et Sept-Poignées, où il est bien réduit et transformé, mais toujours très dur.

N° **76**. VEINE SEPT-POIGNÉES. — La zone du terrain houiller comprise sous le grès de Flémalle se présente avec son maximum de simplicité et de concentration charbonneuse au charbonnage du Bois-d'Avroy, où il n'y a que la veine Malgarnie, et au-dessus, à mi-chemin

entre elle et le grès de Flémalle, une veinette que l'on retrouve aux différents puits de ce charbonnage. Au Horloz, il y a déjà deux veinettes entre Malgarnie et le grès de Flémalle, et aux Kessales et plus à l'Est, il y en a trois. Mais, ainsi que nous le dirons plus loin, nous considérons ces trois veinettes comme le résultat d'un dédoublement de l'unique veinette du Bois-d'Avroy et de la veine Malgarnie elle-même. Dans cette hypothèse, cette unique veinette serait représentée par ce que l'on a appelé, aux Awirs, Grande et Petite-Touteko, et ailleurs, Grande et Petite-Bichnoulle. Dans ce complexe, qui a parfois donné lieu à exploitation un peu partout, il y a souvent une veinette immédiatement sous le grès de Flémalle, comme c'est le cas aux Awirs et aux Kessales. Celle-ci a un toit de schiste noir intense, tandis que la veinette inférieure a un toit noir luisant, doux et feuilleté, comme c'est aussi le cas pour la veinette du Bois-d'Avroy.

Je pense que ces veines sont représentées à Bonne-Espérance, à Herstal, par la veine dite Sept-Poignées, qui se montre en deux lits de $0^{m}60$ de puissance ou en un lit par disparition du havage terreux intercalé entre les deux lits.

Au charbonnage de Bonne-Foi-Hareng, la veine Sept-Poignées, très improprement appelée la Haute-Claire, se présente en un seul lit de $0^{m}60$.

Le toit de la veine Sept-Poignées est un schiste gris, compact, un peu psammitique, avec lignes plus pâles de sidérose.

Dans un travail précité, MM. Davreux et Wellekens ont publié que la sidérose se trouve, aux Awirs, en abondance, dans le toit d'une veine appelée Petite-Veine, située à 300 mètres au Nord de la veine Bomébac. D'après le travail de A. Dumont publié à la même époque, on peut inférer que cette Petite-Veine est celle qu'il donne dans son travail (tableau des couches des Awirs) sous ce nom, immédiatement sous le grès de Flémalle, et qui correspondrait donc, peut-être, à l'une des couches Bichnoulle des Artistes-Xhorré et des Kessales.

N° **77**. CALCAIRE. — A Bonne-Espérance, à Herstal, il y a, à 1 mètre sous la veine Sept-Poignées, un banc de $0^{m}50$ de calcaire argileux gris, à cassure conchoïdale.

N° **78**. VEINE DU FOND OU MALGARNIE. — Cette veine, contrairement à ce que semblerait indiquer ce dernier nom, est dans la plupart des charbonnages une veine de tout premier ordre. Sur la rive droite de la Meuse, dans le bassin de Seraing, il en est absolument de même. Mais sur la rive gauche, sa puissance ne paraît pas constante.

Elle est surtout très belle au Sud de la faille de Saint-Gilles et dans la partie centrale du bassin. Au Nord de la faille de Saint-Gilles, elle n'est pas connue avec certitude ou est inexploitable. Au Sud de la faille, elle est d'autant plus belle que les veinettes qui se trouvent au-dessus d'elle, jusqu'au grès de Flémalle, sont plus insignifiantes. En d'autres termes, les choses se passent comme si ces veines ou veinettes supérieures à Malgarnie n'étaient que des lits qui se seraient séparés de la veine principale au détriment de la puissance de celle-ci. Ainsi, au Bois-d'Avroy, où elle est connue sous les noms de Bellé-au-Jour, Sept-Poignées, Malgarnie, et où il n'y a qu'une veinette jusqu'au grès de Flémalle, la veine a la composition ci-dessous :

Faux-toit. . . .	0^m05
Charbon	0^m30
Havage	0^m15
Charbon	0^m70
Faux-mur . . .	0^m10

Au Horloz, la puissance est encore un peu plus élevée, mais par contre, aux Kessales, où la formation de Malgarnie et celle de la veinette supérieure se subdivisent toutes deux, la puissance et l'exploitabilité deviennent beaucoup moindres, et la veine bien moins fructueuse. En effet, la Malgarnie, appelée là Bahufnay, se divise en deux veines distinctes, quoique encore assez rapprochées, appelées, la supérieure Petit-Bahufnay, l'inférieure, Grand-Bahufnay. La supérieure n'est pas exploitable, n'ayant au plus que 0^m30, et l'inférieure n'a guère que 0^m45. Nous avons dit précédemment que la veinette supérieure à Malgarnie s'effiloche aussi aux Kessales pour donner naissance à la Grande et la Petite-Bichnoulle. Ces quatre veines et veinettes se poursuivent dans toutes les concessions plus au Couchant, mais en diminuant graduellement d'importance, au point qu'aux Awirs il ne reste plus rien d'exploitable dans ce riche horizon de la veine Malgarnie.

Vers l'Est, à Bonne-Espérance, à Herstal, la veine correspondante, la veine du Fond, a la composition suivante, qui montre aussi l'effilochement de la puissante veine du centre du bassin :

Laye supérieure . .	Charbon. . .	0^m55
	Faux-mur . .	0^m70
Laye moyenne. . .	Charbon. . .	0^m40
	Mur schisteux .	2^m00
	Toit	1^m70
Laye inférieure . .	Charbon. . .	0^m40

La variabilité du complexe est d'ailleurs grande, car parfois la laye inférieure se rapproche assez pour être exploitée avec les autres, tandis qu'à Bonne-Foi-Hareng, au contraire, la laye supérieure s'écarte fortement et devient inexploitable, alors que les deux autres se rapprochent et deviennent exploitables ensemble. Il en est de même au puits d'Abhooz.

Le toit de la veine Malgarnie est généralement gris-noir, devenant un peu psammitique et renfermant des restes végétaux un peu plus haut. Le toit de la veine du Fond est d'abord noir et feuilleté, rempli de débris de cordaïtes. Au-dessus, il devient plus gris et riche en débris végétaux.

Au Bois-d'Avroy, le toit est noir intense au puits Grand-Bac, plus gris au puits Val-Benoît.

N° **79**. VEINETTE. — En certains endroits, il y a, sous la veine Malgarnie, une veinette qui correspond peut-être à la laye inférieure de la veine du Fond.

C'est le cas au Bois-d'Avroy, puits du Perron, où il y a, à environ $2^{m}50$ sous Malgarnie, une petite veinette avec toit de schiste doux.

N° **80**. VEINETTES. — Il se trouve assez souvent sous la veine Malgarnie un groupe de deux veinettes rapprochées. Tel est le cas dans le bassin de Seraing et aussi au Bois-d'Avroy et à Bonne-Espérance, à Herstal, à Abhooz.

N° **81**. VEINETTE. — Le groupe de trois veines et veinettes qui vient ensuite, parfois réduit à deux termes, se retrouve avec une constance remarquable dans toute l'étendue du bassin, depuis les Awirs jusque Herstal. C'est toujours la veine centrale qui est exploitable. La veinette supérieure du groupe, appelée au Val-Benoît Petit-Graway, à Avroy-Boverie l'Espoir, et dans toutes les concessions à l'Ouest des Kessales Petite-Harbotte, n'est jamais exploitable, car elle atteint rarement $0^{m}30$ de puissance. Son toit est presque toujours noir-gris, doux, feuilleté.

N° **82**. VEINE PIRAQUET OU CASTAGNETTE. — Cette veine est d'une continuité remarquable sur les deux rives de la Meuse, mais plus belle au centre du bassin qu'aux deux extrémités.

Malheureusement, sa composition est des plus variables, même en des points rapprochés, et son combustible est généralement cendreux, ce qui lui a fait donner à Seraing le nom de Mâcy-Veine. Ainsi, au

Bois-d'Avroy, elle est connue sous les noms de Sept-Poignées, Graway, Castagnette, et se montre en un lit, en deux lits ou en trois lits. Sa puissance varie aussi dans la même concession de $0^{m}65$ à 1 mètre. Vers Flémalle et plus à l'Ouest, la veine qui s'appelle Grande-Harbotte est beaucoup diminuée de puissance et devenue quasiment inexploitable à Bon-Espoir. Elle est, dans ces régions, divisée en deux layes. La même diminution de puissance se remarque vers l'Est, car la veine Piraquet n'est exploitable à Bonne-Espérance que sporadiquement, lorsque sa puissance monte à $0^{m}40$ et $0^{m}45$.

A Abhooz et à Bonne-Foi-Hareng, la veine portait le nom de Veine au Charbon et elle avait au premier charbonnage une puissance pouvant atteindre $0^{m}50$, tandis que dans l'autre elle n'avait, comme à l'habitude, que $0^{m}40$.

Un caractère extrêmement constant de la veine et que l'on retrouve dans toutes les concessions depuis la Chartreuse jusqu'aux Awirs, c'est de renfermer, dans la couche, des nodules lenticulaires, le plus souvent d'environ $0^{m}15$ de grand axe, de pyrite parfois très pure.

Le toit de la Grande-Harbotte est souvent formé par le mur de la Petite-Veine-Harbotte. Au centre du bassin, le toit est grossier, gris, mal feuilleté, avec petits débris végétaux. Le toit de la veine Piraquet est plus régulièrement feuilleté et plus noir.

N° **83**. VEINETTE. — Au Bois-d'Avroy, à tous les puits, il y a une petite veinette très constante dont le toit est formé par un schiste noir, doux, bien feuilleté et avec nombreux nodules ou lits de sidérose noirâtre.

La même veinette se retrouve à Bonne-Espérance, à Herstal. Son toit est identique à celui de la veinette du Bois-d'Avroy et très fossilifère comme lui.

A Abhooz, la veinette appelée improprement tantôt Piraquet, tantôt Veine au Charbon, avait une puissance très variable, de quelques centimètres à $0^{m}95$. A Bonne-Foi-Hareng, où on l'appelait veine Piraquet, elle avait $0^{m}45$.

N° **84**. VEINETTE. — Il existe parfois, vers ce niveau, une veinette. Tel est le cas au puits Grand-Bac du Bois-d'Avroy, où il y a au-dessus de la Petite-Dure, à une distance variant de 10 à 6 mètres, une veinette insignifiante sous le mur de laquelle se trouve un banc de psammite et dont le toit est un schiste noir feuilleté, avec quelques débris de végétaux.

N° **85**. CALCAIRE. — Au charbonnage de Bonne-Espérance, à Herstal, il y a un banc d'environ 0m70 de calcaire gris argileux, en tout semblable à celui qui se trouve entre la veine du Fond et la Sept-Poignées.

Dans les régions occidentales du bassin, dans la vallée des Awirs, il existe un niveau de grès très épais, presque immédiatement sous la veine Grande-Harbotte. Il est assez constant dans cette région.

N° **86**. VEINETTE PETITE-DURE. — Cette petite veinette, malgré son peu d'importance économique, offre un grand intérêt par sa continuité, ses caractères et les phénomènes qu'elle présente. Elle est bien connue sur la rive droite de la Meuse sous le nom de la Petite-Dure, car elle forme une petite veinette de 0m30 à 0m20 de puissance de charbon très dur. Ce qu'il y a de remarquable, c'est que cette veinette est tantôt contre la veine Stenaye, qui se trouve en dessous, et tantôt s'en écarte, jusque près de 12 mètres, en des points pas très éloignés. Dans le premier cas, on peut l'exploiter avec la Stenaye, quoiqu'elle garde toujours son individualité en restant séparée de la veine Stenaye par un banc de terres noires plus ou moins épais. Ce fait est connu depuis longtemps et a déjà été signalé par MM. Godin, de Macar et Malherbe.

Sur la rive gauche, les mêmes phénomènes s'observent depuis Saint-Georges jusque Oupeye. Dans l'Ouest, la veinette a parfois jusque 0m50 de puissance et porte le nom de Bachay. Elle est à 3 ou 4 mètres de la veine Bon-Espoir, aux Awirs. A Baldaz, aux Artistes, aux Kessales, elle est plus près, de 0m80 à 0m40. Au Bois-d'Avroy, elle s'écarte fortement, parfois jusque 6 mètres. A Avroy-Boverie, où elle s'appelait Larron, elle était à 10 mètres. A Bonne-Espérance, à Herstal et à Abhooz, elle est à 7 ou 8 mètres de la veine. Un caractère absolument constant de cette veinette, dans tout le bassin de Liége, est de donner un charbon très sulfureux, susceptible de s'échauffer dans les remblais, ce qui oblige bien souvent à prendre la veinette avec la veine, malgré son écartement trop élevé. Ce caractère se retrouve à Herstal, où la veinette a même au toit un petit banc de pyrite.

Le toit de cette veinette aux Awirs est noir, un peu psammitique. Ailleurs, il est noir, plus doux, mais assez mal feuilleté.

N° **87**. GRANDE VEINE DES DAMES OU STENAYE. — Cette veine, à n'en pouvoir douter, est une de celles qui, dans le bassin liégeois, conservent la plus forte puissance sur la plus grande étendue. Mais,

comme la Castagnette et la Malgarnie, elle est surtout belle dans le centre du bassin. Aux extrémités, elle s'amincit ou se détériore de qualité. Au Nord de la faille de Saint-Gilles, dans les parties centrales du bassin, ainsi qu'à l'Ouest, elle est inconnue ou de moindre valeur.

Là où la veine est le plus belle, au Bois-d'Avroy, à Avroy-Boverie, aux Kessales, elle est en un seul sillon massif de $0^{m}75$ à $0^{m}90$, ou en deux sillons, dont la puissance arrive jusqu'à 1 mètre. Il y a parfois de minces layettes dans le mur près de la veine (Avroy-Boverie). A Baldaz, la veine est encore très belle, avec un lit de $0^{m}70$ à $0^{m}80$, accompagnée du Bachay. Aux Awirs et à Saint-Georges, la veine est devenue beaucoup moins belle et, sous le nom de Jawenne, n'a parfois que $0^{m}30$ à $0^{m}50$.

Vers l'Est, la veine, tout en ayant encore une très forte ouverture, est divisée en plusieurs sillons qui la rendent difficile à exploiter proprement.

Elle porte dans cette direction, à Herstal, le nom de Grande-Veine des Dames. Sa composition est susceptible de présenter des variations considérables, même d'une taille à l'autre, comme cela se voit très bien à Abhooz, à Bonne-Espérance. Sa puissance varie aussi beaucoup. Ainsi, à Bonne-Foi-Hareng, elle n'avait que $0^{m}50$ de charbon en deux lits égaux séparés par $0^{m}17$ de pierre. A Bonne-Espérance, sa puissance en charbon passe de $0^{m}60$ à $0^{m}75$, avec une ouverture variant de 1 mètre à $1^{m}50$. A Abhooz, la veine a parfois 1 mètre de charbon en deux layes, avec une ouverture de $1^{m}15$. Partout elle se montre très variable.

Dans la région des Awirs, la veine Jawenne a un toit de schiste noir très feuilleté, à rayure brillante, très doux. Quand le Bachay est contre la veine, son toit forme naturellement le toit de la veine qui, à Baldaz, aux Artistes et aux Kessales, porte le nom de Chaineux.

Au Bois-d'Avroy, le toit de la Stenaye est généralement psammitique et, au puits du Grand-Bac, il passe même à un vrai psammite et à un grès qui repose directement sur la veine.

A Bonne-Espérance, le toit est formé de schiste noir, avec minces lits de grès, qui lui donnent un aspect zonaire. A Abhooz, le toit est noir, à rayure foncée.

Le mur de la couche est toujours fort dur, psammitique. Parfois même, le banc de grès inférieur vient directement jusque sous la veine.

A Baldaz-Lalore et aux Artistes-Xhorré, il y a, sous la veine Chaineux, un petit banc de grès vitreux extrêmement dur et très constant (Clavai de Chaineux).

La stampe entre la veine Stenaye et la veine Grande-Pucelle augmente

d'une façon régulière et importante de l'Ouest vers l'Est, comme nous l'avons déjà dit ailleurs. De 140 mètres au charbonnage de Bon-Espoir, aux Awirs, elle passe à 240 mètres à Abhooz.

N° **88**. GRÈS. — Ce niveau de grès, qui se trouve au mur de la veine Stenaye, est d'une constance et d'une épaisseur des plus remarquables. C'est le deuxième horizon de M. R. Malherbe. Partout où la veine est connue, on est certain de trouver plus ou moins près dans le mur un puissant niveau de grès plus ou moins dur, plus ou moins psammitique, tantôt en une seule masse, tantôt en plusieurs bancs séparés par des intercalations schisteuses. Sa puissance varie de quelques mètres à 25 mètres.

§ 2. — **Houiller proprement dit.**

Assise inférieure ou assise de Châtelet.

Chapitre IV. — Faisceau de Huy.

N° **89**. PETITE-VEINE DES DAMES. — Au charbonnage d'Abhooz, il existe à ce niveau un groupe de trois veines et veinettes qui ne sont pas connues ailleurs que dans cette région. La veine moyenne a quelquefois été exploitée sous le nom de Petite-Veine des Dames, avec une puissance d'environ $0^{m}40$. La veine inférieure, appelée Mâcy-Veine, n'avait que $0^{m}30$.

N° **90**. VEINE GRAINDORGE. — Au charbonnage de Baldaz, on a exploité très anciennement cette veinette au-dessus du niveau d'écoulement, quoiqu'elle n'eût guère que $0^{m}30$ de puissance, mais enclavée dans des terrains très durs.

Cette veine est d'ailleurs locale, car à Abhooz, au Bois-d'Avroy et à Bon-Espoir, aux Awirs, on ne trouve à cette place qu'une petite veinette de $0^{m}10$.

N° **91**. VEINETTE. — A Baldaz-Lalore, il y a en dessous une petite veinette de charbon terreux (besy), fort peu épaisse, qui a un toit de schiste noir, doux.

N^os^ **92-93**. VEINES FARINETTES. — A Baldaz, il existe à ce niveau un complexe de deux lits de charbon séparés par du mur, ce qui

indique qu'il ne s'agit là que d'une seule formation. Le lit du dessus est peu épais. Celui de dessous est quelquefois assez épais pour être exploitable dans certaines conditions. Le toit de la veinette supérieure, appelée Petite-Farinette, est un schiste noir, à rayure assez foncée.

L'ensemble de ces veines et veinettes n° 91 et n° 92 correspond probablement à ce que l'on a appelé, au Bois-d'Avroy, Douce-Veine. Il y avait là, au même horizon, une veine qui a été exploitée et qui avait de $0^{m}25$ à $0^{m}40$ de charbon, avec un toit de schiste gris. En dessous de $2^{m}50$ à 6 mètres, suivant les endroits, se trouve un lit de charbon terreux avec un toit de schiste noir-gris très onctueux. Au charbonnage d'Abhooz, à environ 90 mètres sous la Grande-Veine des Dames, il y a une veine inexploitable de $1^{m}50$, formée de lits de charbon et de schiste écailleux rempli de végétaux (*Sigillaria*).

A quelques mètres en dessous, il y a une veinette de $0^{m}20$ de charbon écailleux rempli de nodules de sidérose. Ces deux veines représentent probablement la Douce-Veine du Bois-d'Avroy, ainsi que sa veinette inférieure. Les toits de ces veines sont d'ailleurs bien semblables de part et d'autre.

N° **94**. CALCAIRE. — A Baldaz, il existe, sous le mur de la veine Grande-Farinette, un banc d'environ 2 mètres de calcaire noir à cassure conchoïdale, dur, siliceux et sidéritifère, avec veines blanches.

Dans un travail précédent (1), j'ai signalé que j'avais rencontré sur le terris de la galerie d'écoulement du charbonnage de Bois-des-Moines, terris qui se trouve dans la concession de Sart-d'Avette, dans la vallée des Awirs, de curieux échantillons de sidérose présentant la structure dite de Cornets-Emboîtés (Cone-in-cone des Anglais). J'avais supposé que cette sidérose pouvait provenir de la veine Croha, au mur de laquelle les auteurs anciens ont signalé la présence de la sidérose en banc.

Mais, depuis lors, grâce à l'obligeance de M. Th. Claes, j'ai eu communication des plans de cette galerie d'écoulement et j'ai obtenu des renseignements sur la couche Croha. J'ai pu ainsi me convaincre que cette couche ne pouvait se rencontrer en aucune façon dans ces travaux et se trouvait beaucoup au Nord. Cette galerie d'écoulement n'a recoupé que les couches allant des veines Farinettes à la veine Petite-Pucelle. C'est donc dans cette stampe que doit se trouver le niveau de la sidérose

(1) X. Stainier, *Notes sur le Houiller de Belgique.* (Bull. Soc. belge de Géol., t. VII, 1893. *Proc.-verb.*, p. 179.)

en question. Je me demande, sous toutes réserves, si le banc calcaire que j'ai constaté au tunnel Beco, sous les veines Farinettes, ne se transforme pas un peu à l'Ouest en banc de sidérose, ce qui s'est déjà vu ailleurs.

J'ajouterai que depuis l'apparition de mon travail précité, j'ai appris, par une étude de M. Dickinson (1), que la sidérose présentant la même structure existe aussi dans le terrain houiller des Galles du Sud. Les mineurs de ce pays appellent cette roche « Jackstone ». J'ai retrouvé un banc tout à fait semblable dans le Houiller encore plus inférieur du bassin de la Basse-Sambre, dans la tranchée du chemin de fer entre Floreffe et Franière, à côté de la ferme d'Hamtia.

N° **95**. VEINE HAWY. — On a appliqué ce nom, dans la région de Flémalle, à des veines bien différentes. A Baldaz, on l'a donné à une veinette de 0m25. Au Bois-d'Avroy, on trouve dans la même position une veinette appelée Grand-Joli-Chêne, de composition très variable, mais qui, au puits Perron, présentait le curieux remplissage suivant :

Banc de jayet (briha), très constant .	0m15
Charbon.	0m14
Schiste tendre	0m26
Charbon terreux	0m15
Charbon léger	0m27
Havage noir.	0m06

Le toit est du schiste noir, doux, feuilleté. A Abhooz, j'assimile à cette veine la veinette appelée Britte, qui a un toit de schiste noir, doux, feuilleté, et la composition suivante :

Sillon de charbon extrêmement pyriteux .	0m10
Charbon à cassure conchoïdale (anthracite).	0m20

Au puits de Milmort du charbonnage d'Abhooz, il y a dans le mur de la veine Britte un petit banc de quartzite noir extrêmement dur (Clavai).

N° **96**. VEINETTE. — A Baldaz et au Bois-d'Avroy, il y a, sous la veine précédente, un lit insignifiant de charbon avec un toit de schiste

(1) J. Dickinson, *On the strata called « Jackstones » at Merthyr Tydvil.* (Quarterly Journ. of the Geol. Soc. of London, t. II, 1846, p. 131.)

noir. A Baldaz, dans le mur de cette veinette, il y a aussi un banc de $0^{m}10$ de grès extrêmement dur (Clavai).

N° **97**. GRÈS. — Il existe généralement à ce niveau un horizon de grès qui était particulièrement dur et à grain extrêmement fin et serré au puits du Val-Benoît. Lorsqu'on l'a recoupé dans l'avaleresse, on y a rencontré une venue d'eau très chargée de sel, qui a été décrite par M. Kupferschlaeger (1).

N^os^ **98-99**. VEINE CHENOU. — La veine à laquelle nous arrivons maintenant constitue, sans conteste, la veine la plus remarquable de Belgique comme horizon de repère, par l'ensemble des caractères paléontologiques et lithologiques spéciaux qu'elle présente. Elle est connue dans le bassin de Liége et de Herve sous des noms très variés. Au charbonnage de Bon-Espoir aux Awirs et de Burton réunis, on l'exploite dans les dressants du Midi sous le nom de veine Hawy. Elle s'y présente avec une puissance très variable et très sujette à des renflements, où elle atteint jusque $0^{m}90$ de charbon et a ainsi une allure dite en chapelet, qui en est bien caractéristique. Au toit, elle a un lit de briha qui adhère à la veine et au toit. Au-dessus, il y a un banc très continu de calcaire impur, noir, de $0^{m}08$, avec veines blanches. Au-dessus vient du schiste noir, doux, feuilleté, dur, rempli par places de gros nodules de calcaire noir très impur, pyritifères, ovoïdes et aplatis, atteignant jusque $0^{m}15$ de grand axe et à surface bien arrondie. Ces nodules sont remplis de fossiles, souvent remplis eux-mêmes d'une belle anthracite à cassure conchoïdale. Le mur de la couche est rempli de bancs de grès très dur.

Aux mêmes charbonnages, on essaie actuellement de l'exploiter dans les plateures du Nord, où elle est connue sous le nom de veine Flairante et où elle a des caractères un peu différents. (Elle n'est d'ailleurs qu'à peine effleurée.)

Au charbonnage de Bon-Espoir, on a constaté que la veine Hawy ou Flairante n'est jamais exploitable en même temps que la veine Grande-Pucelle et vice versa. Ainsi, dans les plateures du Nord, où la veine Grande-Pucelle est exploitée sous le nom de Lurtay, la veine Flairante est très irrégulière et presque inexploitable. Au contraire, dans les dressants du Midi, la veine Hawy est exploitée, tandis que la Grande-

(1) Cf. *Ann. Soc. géol. de Belgique*, t. VI. Bull., p. 89.

Pucelle n'est plus exploitable avec sa puissance réduite de 0m33. Dans ces mêmes dressants, en allant vers l'Est, quand Hawy devient inexploitable, sous le nom de Chenou, Grande-Pucelle, au contraire, a augmenté et est redevenue exploitable.

Au toit de la veine, dans les plateures du Nord, il y a un schiste noir luisant, doux, feuilleté régulièrement comme une ardoise. Mais ce qu'il y a de particulier, c'est le puissant niveau de grès extrêmement dur qui se trouve au mur de la couche et dans lequel on rencontre un ou deux bancs de 0m30 à 0m50 d'un véritable quartzite grisâtre ou blanchâtre, vitreux, à arêtes vives et esquilleuses, extrêmement dur et rempli de veines de quartz, où l'on a recueilli de beaux cristaux de blende. Ce quartzite se retrouve sur des distances assez étendues, car il existe au charbonnage de Burton et à celui de Bon-Espoir. La même veine est connue, au charbonnage de Baldaz-Lalore et à celui des Artistes-Xhorré, sous le nom de Chenou. Elle y est inexploitable à cause de sa puissance moindre. A Baldaz, elle a au toit un lit de 0m07 de schiste friable, très pyriteux, au-dessus duquel vient un schiste noir feuilleté, avec gros nodules de sidérose calcarifère et pyritifère. Au mur de la couche, il y a un horizon épais de grès blanc extrêmement dur, qui est si caractéristique de la veine.

La même veine est encore connue, au charbonnage du Bois-d'Avroy, sous le nom de veine Lairesse. Elle n'a guère que 0m30 au maximum, et au toit, au puits du Val-Benoît, on voit d'abord un banc noir, dur, de 0m05, présentant au milieu une couche de 0m01 de roche dure, pyritifère. Au-dessus, il y a un mince lit charbonneux, puis vient du schiste noir doux, très feuilleté, avec gros nodules aplatis de sidérose, très persistants. On retrouve cette dernière roche avec les nodules au puits du Perron. Au mur, il y a aussi un banc de grès blanchâtre, très dur. Même au puits du Perron, par places, le mur lui-même de la veine est formé par une roche siliceuse blanchâtre, avec radicelles de *Stigmaria*.

Au charbonnage du Bois-d'Avroy, où les grès sont beaucoup moins abondants que dans la région de Flémalle, au-dessus de la veine Lairesse, le toit de celle-ci est formé de schiste feuilleté, gris, doux, sur une très grande épaisseur, et renferme à plusieurs niveaux des bancs de schiste noir fossilifère.

A l'autre bout du bassin, on retrouve la même veine passée à l'état d'une veinette insignifiante de 0m10, située à environ 35 mètres au-dessus de la Grande-Veine d'Oupeye. Elle y a encore le même toit de schiste feuilleté et elle repose, sans aucune interposition de mur, sur un banc de grès blanchâtre très dur de 9 mètres. Ce banc de grès constitue,

comme on le voit, un repère des plus constants et des plus reconnaissables, dont l'importance avait d'ailleurs été reconnue par R. Malherbe, qui en avait fait son premier horizon de grès.

Au charbonnage de Biquet-Gorée, la même veine se retrouve une dernière fois, avec les mêmes caractères qu'à Abhooz, sous forme d'une veinette mince située de 35 à 40 mètres au-dessus de la veine Belle-et-Bonne et reposant sans interposition de mur sur du grès blanchâtre très dur ayant près de 18 mètres d'épaisseur. Il renferme aussi des veines de quartz avec cristaux de blende.

N° **100**. VEINE GRANDE-PUCELLE. — Cette veine forme un horizon bien connu dans le bassin de Huy, où elle a donné lieu à une grande exploitation. Au charbonnage de Burton et de Bon-Espoir, elle est connue sous le nom de Grande-Pucelle, dans les dressants du Midi et de Lurtay, dans les plateures du Nord.

Au charbonnage de Bon-Espoir, aux Awirs, la veine ne présentait au Sud qu'une puissance de 0^m35, qui la rendait peu exploitable. Au toit, il y a un psammite noir-brun, très micacé, avec radicelles de *Stigmaria*, dont la présence s'explique par ce fait qu'un peu au-dessus se trouve une veinette absolument spéciale à ce charbonnage. En allant vers l'Ouest, cette veinette disparaît rapidement, et alors le toit est noir-brun, à rayure brune, micacé, avec lits minces de sidérose, et garde ce caractère du toit dans toute la région de Flémalle. Dans les plateures du Nord, au puits Héna de Bon-Espoir et au charbonnage d'Oulhaye-Lurtay, où la veine était connue sous les noms de Lurtay et de Poignée-d'Or, elle avait une puissance très régulière de 0^m50 de bon charbon. Au toit venait d'abord une couche de 0^m08 environ de schiste noir, feuilleté. Puis au-dessus, le schiste devenait plus compact, mal feuilleté, à rayure brune, avec lits minces et réguliers de sidérose. A environ 1 mètre de la veine, le schiste devient gris micacé, doux, avec empreintes de fougères.

Dans le mur de la veine, il y a un banc de quartzite grisâtre de 0^m60, situé à environ 1^m50 sous la veine.

Au charbonnage de Bois-des-Moines, à Baldaz-Lalore, aux Artistes-Xhorré, la même veine a été exploitée sous le nom de veine Grande-Pucelle dans les dressants du bord Sud du bassin. Elle y présentait les mêmes caractères et une puissance moyenne semblable. Mais parfois la veine devenait inexploitable, parce que la partie inférieure se transformait en un charbon terreux (havage). Au toit, il y avait presque toujours au-dessus des roches ci-dessus décrites un horizon de psammite ou de grès que nous allons retrouver un peu partout.

Au charbonnage de Bois-d'Avroy, la veine connue sous le nom de Désirée donne lieu à une exploitation très importante, car elle a fréquemment jusque 0^m70 de charbon en un seul lit avec 0^m02 de faux-toit et 0^m15 de faux-mur. Au puits du Perron, dans une branche de la veine rejetée par une faille, la veine a une composition tout à fait inusitée, car elle montre au mur un petit lit de briha et une petite layette de 0^m05. Le toit de la veine ne montre plus les roches noires signalées précédemment, et le schiste psammitique avec débris de fougères et passant au-dessus à du psammite, que nous avons décrit plus haut, repose directement sur la veine, au Bois-d'Avroy et plus à l'Est, comme nous allons le voir.

Au charbonnage d'Abhooz, la veine très régulière, avec une puissance constante de 0^m50 à 0^m55, est activement exploitée sous le nom de Grande-Veine d'Oupeye. Au toit, on y rencontre encore le même schiste psammitique passant plus haut à du psammite.

Enfin, à Biquet-Gorée, la veine appelée Belle-et-Bonne a une composition assez variée. Tantôt elle est en un seul lit de 0^m70 à 0^m80, tantôt il y a dans le mur une petite veinette de 0^m10, et alors la laye supérieure varie de 0^m80 à 1^m05. Au toit, il y a du schiste psammitique avec fougères (*Sphenopteris*), qui passe rapidement au-dessus à du grès psammitique reposant parfois directement sur la veine.

N° **101**. VEINETTE. — Cette veinette, malgré son peu d'épaisseur, se poursuit avec une remarquable continuité, comme d'ailleurs les quelques niveaux dont nous allons parler immédiatement. Elle se fait remarquer aussi par son association avec un banc de grès qui se trouve dans son mur, tantôt à 2 ou 3 mètres de la veinette, tantôt immédiatement sous le charbon (puits du Val-Benoît). Au puits du Perron du Bois-d'Avroy, elle se présente sous forme d'une veinette double, située à 6 mètres sous la veine Désirée. Au puits du Val-Benoît, elle en est écartée de 13 mètres, et plus à l'Est, à Abhooz, elle s'éloigne davantage, jusque 26 mètres, ce qui est conforme au grand épaississement des stampes que l'on constate dans cette région. A Biquet-Gorée, elle n'est plus qu'à 19 mètres sous la veine Belle-et-Bonne. Son toit est un schiste noir, doux, feuilleté. Au charbonnage d'Oulhaye-Lurtay, il existe également, à 16 mètres sous la veine Lurtay, une veine appelée Veine au Grès, à cause du banc de grès très dur situé sous son mur. A Baldaz-Lalore, à la même distance sous la veine Grande-Pucelle, il y a aussi une veinette, au tunnel Beco, qui a dans le mur un banc de grès.

Au tunnel du Dos du charbonnage de Bon-Espoir, la veinette est

très près de la Grande-Pucelle, ce qui provient du grand amincissement des stampes que l'on observe là, depuis la veine Hawy jusqu'à la Petite-Pucelle.

N° **102**. VEINE PETITE-PUCELLE. — Cette veine, à Bon-Espoir, n'a guère que 0^m30 de charbon schisteux et n'est donc exploitable que dans des conditions spéciales. A Baldaz, au tunnel Beco, il y a, à 26 mètres sous la Grande-Pucelle, une veinette qui représente probablement cette veine. Au puits du Perron, elle est à 18 mètres sous la veine Désirée et inexploitée. Elle a de 0^m25 à 0^m40 de puissance. Au puits du Val-Benoît, elle s'écarte de Désirée jusqu'à 25 mètres et elle a environ 0^m50. A Abhooz, elle s'écarte encore davantage, jusque 37 mètres de la Grande-Veine d'Oupeye. A Biquet-Gorée, l'écartement varie très fort, de 16 mètres à 35 mètres. A Abhooz, la veine n'est pas exploitable, mais à Biquet, on l'exploite régulièrement sous le nom de Boutenante en un seul lit de charbon de 0^m30 en moyenne. Ce qui est remarquable pour cette veine, c'est la constance du caractère de son toit. A Bon-Espoir, Sart-d'Avette, Bois-d'Avroy, Abhooz, Biquet-Gorée, le toit est un schiste noirâtre, feuilleté, doux au toucher, bondé de fossiles généralement.

N° **103**. VEINETTE. — Aux charbonnages d'Abhooz et de Biquet-Gorée, il existe, à quelques mètres sous la veine Boutenante, une veinette imparfaite, sans charbon le plus souvent, mais dont le mur et le toit sont toujours bien marqués. Ce toit est formé par un schiste grossier, brunâtre, un peu sableux, avec très grandes paillettes de mica blanc.

Au-dessus, le schiste devient gris et doux. Au puits du Val-Benoît du charbonnage du Val-Benoît, il y a, au même niveau stratigraphique, une veinette terreuse. Il y a aussi une veinette synchronique aux charbonnages de Baldaz-Lalore (tunnel Beco) et Bon-Espoir (tunnel du Dos).

N° **104**. MÂCY-VEINE. — A Bon-Espoir, ce n'est qu'une veinette terreuse, comme son nom l'indique, mais ailleurs elle peut devenir une veine exploitable.

A Baldaz-Lalore, elle est à 55 mètres normalement sous la Grande-Pucelle et assez épaisse, mais inexploitable à cause de son combustible absolument terreux. Au charbonnage du Bois-d'Avroy, au puits Perron, elle n'a que 0^m12 à 0^m30 et est inexploitée. Au puits du Val-Benoît,

tout récemment on a constaté avec surprise, lors de l'enfoncement de l'avaleresse, qu'elle constituait une belle veine de 0^m50 à 0^m90 de puissance en un seul lit. Elle est là à environ 45 mètres de la veine Désirée. A Abhooz, l'écartement de la veine est le même et elle a été exploitée jadis sous le nom de Petite-Veine d'Oupeye. Aux affleurements, elle avait de 0^m35 à 0^m40 de puissance, mais en profondeur elle a diminué graduellement jusqu'à ne plus avoir que 0^m15. Au charbonnage de Biquet-Gorée, on l'exploite sous le nom de Boulotte, avec une puissance cependant très faible de 0^m25 à 0^m30 sans havage. Le toit de la veine à Biquet et à Abhooz est un schiste compact, noirâtre, avec nodules isolés et irréguliers de sidérose. Au Bois-d'Avroy et dans la région de Flémalle, le toit est un schiste noir, psammitique.

N° **105**. VEINE DE FLONE. — A Bon-Espoir, cette veine n'est qu'une veinette de 0^m10, avec toit de schiste noir, doux, feuilleté.

A Abhooz, il existe, à environ 14 mètres sous la Petite-Veine d'Oupeye, une petite veinette de 0^m03, reposant directement sur du grès et ayant un toit de schiste noir, doux. Cette veinette existe également au puits Perron du Bois-d'Avroy, à 11 mètres de la veine.

N° **106**. VEINETTE. — Au charbonnage d'Abhooz, il existe, à environ 55 mètres sous la Petite-Veine d'Oupeye, une petite veinette qui a au toit un lit de schiste friable extrêmement pyriteux et transformé en une argile blanchâtre sulfatisée. Au-dessus, il y a du schiste noirâtre, dur, strié.

§ 3. — Houiller inférieur ou étage namurien.

Assise d'Andenne.

CHAPITRE V. — FAISCEAU D'ANDENNE.

N° **107**. POUDINGUE HOUILLER. — Dans la région que nous étudions, ce nom de poudingue se montre aussi impropre qu'ailleurs, car on n'y observe pas de poudingue. Aux affleurements, on le voit sous forme d'un grès grossier, feldspathique ou arkose, situé à environ 225 mètres au-dessus du calcaire carbonifère.

En profondeur, je n'ai pu voir ce niveau qu'à la galerie du Dos du charbonnage de Bon-Espoir, où il se présente comme un grès extrêmement dur, blanc, avec fragments de charbon et noyaux schisteux (cailloux?). Nulle part ailleurs on n'a encore, dans la partie du bassin

que nous étudions, eu l'occasion de traverser les strates où il peut exister. Au tunnel Beco de Baldaz-Lalore, où on aurait dû le recouper, il est supprimé par des failles.

N° **108**. VEINETTE. — Il existe au tunnel du Dos, à Engis, à ce point, une veinette terreuse au toit de laquelle se trouvent deux minces bancs réguliers de sidérose. La sidérose existe également à quelque distance sous son mur, en bancs réguliers.

N° **109**. VEINE CHANDELLE. — Au charbonnage de Bon-Espoir, aux Awirs, il existe une veine appelée Chandelle qui a de 0m25 à 0m40 de charbon et qui a été exploitée. Son toit est formé par du schiste noir, dur, et sous 1 mètre de mur elle présente un banc de grès, chose presque constante dans le Houiller inférieur et, d'ailleurs, très fréquente dans tout le terrain houiller, mais plus particulièrement vers la base de ce terrain. Cette veine existe également au charbonnage de Baldaz-Lalore sous le nom impropre de Veine-au-Grès, qui appartient à une veine inférieure. On lui a sans doute donné ce nom parce que, comme la vraie Veine-au-Grès, elle a dans le mur un banc de grès très dur. Mais nous venons de voir que ce caractère n'a aucune importance dans l'espèce. Elle n'y a que 0m20 de puissance avec un peu de faux-mur. Le toit est du schiste noir, et sous le mur il y a un banc de grès gris extrêmement dur.

N° **110**. BANC NOIR. — Au charbonnage de Baldaz, il existe, à cette distance sous la veine, au tunnel Beco, un banc de schiste très noir, situé en pleine stampe et intéressant par ses fossiles.

Au charbonnage de Bon-Espoir, galerie d'écoulement de la Mallieue, il existe, à 150 mètres au Nord du calcaire carbonifère, un banc noir tout à fait analogue et peut-être contemporain du premier. Il est, comme lui, très fossilifère. Tous deux correspondent peut-être au banc fossilifère que j'ai signalé jadis, vis-à-vis, sur l'autre rive de la Meuse, dans la concession de Ramet-Ramioulle, en affleurement.

N° **111**. GRÈS DE NEUFMOULIN. — A cet horizon du Houiller on voit, dans la région de Flône et des Awirs, des strates de grès grenu un peu feldspathique, surtout visibles aux affleurements et qui, d'après leur position, doivent correspondre au niveau de grès du bassin d'Andenne que j'ai appelé de ce nom, ainsi qu'au grès de Salzinne de la Basse-Sambre.

N° **112**. VEINE-AU-GRÈS. — Au charbonnage de Bon-Espoir, on a exploité sous ce nom une veine qui avait la composition suivante :

Faux-toit	0^m30
Charbon	0^m40

C'est la seule veine réellement exploitable du Houiller inférieur. Elle a, dans le mur, un banc de grès noduleux extrêmement dur et en dessous vient une petite veinette de 0^m10.

Cette veine existe aussi à Baldaz-Lalore, où on l'a appelée improprement Veine-aux-Terres. Elle y atteint près de 1 mètre de puissance, mais le combustible est très schisteux. Sous le mur, il y a du grès très dur. Le toit est, comme tous ceux du Houiller inférieur, noirâtre.

N° **113**. VEINETTE. — Au tunnel du Dos, il y a, à quelques mètres au-dessus de la veine suivante, une veinette de schiste blanchâtre avec mur de grès et toit de schiste noir, régulier, dur.

N° **114**. VEINE-AUX-TERRES. — Sous ce nom existe, à Bon-Espoir, une veine terreuse de 0^m30, inexploitable, avec toit très dur. A Baldaz-Lalore, tunnel Beco, ce n'est qu'une veinette de 0^m05 avec grès sous le mur et toit de schiste noir.

Assise de Chokier.

Chapitre VI.

N° **115**. SCHISTES NOIRS. — L'épaisseur exacte de l'assise de Chokier est difficile à évaluer, car il y a un passage graduel de cette assise à la précédente. Le niveau de schiste noir dont nous parlons pourrait tout aussi bien être rangé dans l'assise précédente. Ce niveau est constitué par du schiste noir assez fin avec des lits de nodules de calcaire argileux.

N° **116**. AMPÉLITE ALUNIFÈRE. — Ce niveau d'ampélite est constitué par des schistes très charbonneux, feuilletés, calcarifères et très pyritifères.

C'est ce niveau qui sur le bord Sud du bassin, depuis Andenne jusque Flémalle, et même sur la rive droite de la Meuse dans le bassin de Ramioulle, a fourni la matière première d'une importante fabrication d'alun. Dans la région que nous étudions, l'ampélite alunifère

exploitable formait une couche variant de 6 à 10 mètres d'épaisseur. On y trouvait un banc de schiste se transformant à la surface en argile et dans lequel étaient contenus les célèbres rognons de calcaire fétide si connus par la belle faune qu'ils renferment.

C'est également au voisinage de ces nodules que l'ampélite présente des nodules ou des bancs lenticulaires, atteignant au plus $0^{m}20$ d'épaisseur, de calcaire argileux noir, montrant de la façon la plus remarquable la disposition en cornets emboîtés semblable à celle dont nous avons parlé précédemment pour la sidérose située au voisinage de la veine Grande-Farinette. Cette structure, qui a été longtemps attribuée à des restes organisés, est, comme on le sait maintenant, d'origine purement minérale.

N° **117**. PHTANITE. — Immédiatement sur le calcaire carbonifère, on rencontre, dans la région que nous étudions, un banc d'environ 1 mètre de phtanite, noirâtre à l'état frais. Sur le bord Nord du bassin, dans le seul endroit où celui-ci est visible, on observe, à Horion-Hozémont, au-dessus du calcaire plusieurs mètres d'un phtanite jaspoïde blanc laiteux, parfois translucide et très pur.

Résumé lithologique.

Les faits principaux que l'on peut observer dans ce bassin au point de vue des roches ont été réunis dans un tableau synoptique que l'on trouvera ci-après et qui a été dressé tout à fait à l'instar de celui qui figure dans mon travail sur le bassin de Charleroi. Les comparaisons seront ainsi rendues très faciles. Il y a peu de chose à ajouter à ce tableau. Il ressort de son examen une nouvelle preuve que le nombre des couches signalées par les anciens auteurs doit subir une forte réduction, comme l'avaient déjà montré, dès 1871-1873, MM. R. Malherbe et J. de Macar.

Parmi les innombrables exemples de variabilité d'épaisseur des stampes et des couches, il ne se dégage rien de bien systématique ni de bien frappant. Cependant, il y a quelque chose qui nous paraît, sous réserves, mériter d'être signalé, ne fût-ce que pour être contrôlé ou rectifié. Il nous semble qu'il y a, au point de vue de la puissance en charbon des couches exploitables, une région du bassin qui paraît former un point nodal, où les couches sont plus condensées, plus puissantes en charbon. A partir de cette région nodale, les veines puissantes

se subdivisent, s'effilochent en veines moindres, qui s'écartent de plus en plus en s'éloignant de cette région. Cette région nodale, qui oscille un peu au cours de la période houillère, et dont la limite n'a d'ailleurs rien de précis, se trouve tantôt à cheval sur les concessions de Lahaye et du Bois-d'Avroy, tantôt sur celles de Horloz et du Gosson. Comme exemple du fait que nous signalons, on peut indiquer les variations des couches Blanche-Veine, Grand-Marêt, Houlleux, Malgarnie, Castagnette, Stenaye, Désirée. La région que nous venons de signaler constitue encore un centre à d'autres points de vue, de sorte que les variations, lorsqu'elles se produisent, sont généralement symétriques à l'Est et à l'Ouest de cette région.

Ce qu'il y a d'important dans ce fait, c'est que cette région constitue aujourd'hui le centre du bassin et le point où celui-ci présente son maximum d'épaisseur. Il semblerait donc que cette région constituait, déjà pendant la formation du bassin, sinon son centre, tout au moins un point jouissant de caractères particuliers au point de vue géogénique. Cette hypothèse, que nous émettons, est encore appuyée par ce fait que si on observe la nature des roches, toujours si intéressantes, qui surmontent les veines (toit), on constate aussi que ces roches varient également en divergeant de cette région. De même, j'ai été frappé de voir la grande quantité de veines qui, dans les quatre charbonnages précités et tout particulièrement au Gosson, présentent des toits formés de schiste noir, doux, feuilleté, à texture extrêmement fine. On y observe aussi beaucoup plus abondamment qu'ailleurs la présence de cette roche particulière appelée par les mineurs liégeois « briha » ou « croha ». Tout cela indique nettement une sédimentation d'eau profonde et très tranquille et conduirait à supposer que c'est bien dans cette région que se trouvait le maximum de profondeur du bassin.

Outre ce fait de répartition générale d'éléments lithologiques, on peut encore en citer quelques-uns d'un caractère plus local. Ainsi, on constate parfois que toute une série de couches ou veinettes successives présentent les mêmes caractères lithologiques à un endroit donné, alors que, ailleurs, elles présentent d'autres caractères. Citons quelques exemples :

Le train de couches qui va de la veinette sous la veine Magneumehon à la Grande-Veine (= Houlleux) se montre, aux Kessales, formé presque exclusivement de veines ou veinettes à toit noir, doux, avec abondance de briha ou croha. Et, en même temps, presque tous ces toits sont coquilliers. Ailleurs, ce même train montre des veines à toit beaucoup plus arénacé, plus pauvre en coquilles et plus riche en débris végétaux.

Tel est le cas au puits Grand-Bac du Bois-d'Avroy notamment, où, sauf quelques exceptions, le train en question est formé de veines à toit non coquillier.

Le train de couches qui va de la veine Couteau (= Cinq-Pieds) à la veinette sous la veine Halbalerie, au charbonnage de Patience-Beaujonc, est beaucoup plus riche qu'ailleurs en veines à toit noir, doux, feuilleté, fossilifère.

Ces exemples, qui pourraient être multipliés, prouveraient qu'à différentes époques du Houiller, il a pu se constituer, dans la grande cuvette houillère, des cuvettes secondaires où prévalaient des conditions sédimentaires et biologiques particulières. L'étude de ces cuvettes secondaires, qui nous fournira des renseignements de la plus haute importance, tant au point de vue théorique qu'au point de vue utilitaire, cette étude, dis-je, ne pourra être abordée avec succès que lorsque de très nombreux matériaux auront été recueillis.

Un autre fait qui se rattache à la variation de puissance des stampes houillères, vaut aussi la peine d'être mentionné. Quand on suit de proche en proche une portion du terrain houiller comprise entre deux horizons bien reconnus, il arrive souvent que la distance qui sépare ces deux horizons augmente ou diminue notablement. On a déjà signalé que les augmentations de puissance marchaient de pair avec l'épaississement des bancs de roches arénacées interstratifiées. Le bassin de Liége nous fournit de remarquables exemples à l'appui de cette opinion.

Premier exemple :

STAMPE.	CHARBONNAGES.								
	Gosson. Puits n° 1.	Gosson. Puits n° 6.	Batterie. Étage 194 mètres.	Batterie. Étage 105 mètres.	Patience-Beaujonc.	Horloz. Puits de Tilleur.	Lahaye. Puits Saint-Gilles.	Bois d'Avroy. Puits Grand-Bac.	Bellevue a Saint-Laurent.
	Mètres.	Mètres	Mètres	Mètres.	Mètres	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.
Veine Grand-Bac à Veine Grand-Marêt	25	31	27	42	29	40	47	60	65
Grès	3	6	5	21	6	23	27	30	34

Autre exemple :

STAMPE.	CHARBONNAGES.		
	KESSALES. Puits n° 1.	HORLOZ. Puits de Tilleur.	BOIS D'AVROY. Puits Grand-Bac.
Quatre-Pieds (Magneumehon) à Houlleux.	Mètres. 77	Mètres. 85	Mètres. 112
Grès.	9	19	38

Dans ce cas, la variation est régulière de l'Ouest vers l'Est.

ASSISES ou FAISCEAUX.	Épaisseur totale.	CHARBON.			Grès.	Schistes et calcaires.	Nombre de couches exploitables.	Stampe moyenne des couches exploitables.	Rapport du charbon total à l'épaisseur totale des roches.
		Total.	Veines.	Veinettes.					
	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.		Mètres.	°/o
Faisceaux Saint-Gilles.	209	8,24	7,30	0,94	23	186	9	23,22	3.94
Faisceaux Liége . .	342	13,20	9,00	4,20	50	292	14	24,44	3.85
Faisceaux Seraing. .	380	15,73	8,26	7,47	73	307	13	29,23	4.13
Assise de Charleroi . .	931	37,17	24,56	12,61	146	785	36	25,86	3.97
Assise de Châtelet . .	300	3,16	0,80	2,36	82	218	2	1,50	1.02
Houiller moyen . . .	1 231	40,33	25,36	14,97	228	1 003	38	32,47	3.28
Assise d'Andenne . .	217	1,27	0,80	0,47	55	162	2	103,50	0.75
Assise de Chokier . .	22	»	»	»	1	21	»	»	»
Houiller inférieur . .	239	1,27	0,80	0,47	56	183	2	119,50	»
HOUILLER	1 460	41,60	26,16	15,44	284	1 186	40	36,50 (1)	2.85 (1)

Par 100 mètres de terrain houiller, il y a approximativement : grès . 20 mètres.
» » » : schistes. 80 »
Couches généralement exploitables . . QUARANTE } Total : CINQUANTE.
Couches accidentellement exploitables . DIX }

(1) Ces chiffres se rapportent à l'épaisseur totale du Houiller, l'assise de Chokier non comprise.

Un coup d'œil jeté sur la planche qui accompagne ce travail montre que les grès sont répartis dans l'épaisseur du Houiller d'une façon très irrégulière. Le faisceau de Saint-Gilles en est remarquablement dépourvu, tandis que, par contre, la stampe comprise entre la veine Hardie et la veine Désirée ou Grande-Pucelle en est très richement pourvue.

On voit aussi que le Houiller de Liége est assez riche en horizons calcaires. Comme il y a à peine trois ans que le premier a été signalé, on voit que les découvertes se sont suivies de près, et cela donne à penser que l'on découvrira encore beaucoup de nouveaux niveaux. On peut être certain également que cette roche sera reconnue aussi dans nos autres bassins belges, quand l'attention sera mieux attirée sur ce sujet.

DEUXIÈME PARTIE

PALÉONTOLOGIE ANIMALE

§ 1. — Description des niveaux fossilifères.

Ce que je disais en tête du chapitre correspondant de mon travail sur le bassin de Charleroi s'applique avec tout autant de raison au bassin de Liége. On aurait pu croire aussi, précédemment, que le terrain houiller y était très pauvre en fossiles, à en juger d'après les rares trouvailles qu'on y avait signalées. Bien au contraire, on pourra s'en convaincre par la lecture des pages qui vont suivre, ce terrain s'y montre plutôt encore plus riche en fossiles que le bassin de Charleroi. Certains niveaux sont d'une richesse en individus que l'on peut qualifier de prodigieuse. De plus, on constate que les échantillons sont, le plus souvent, dans un état de conservation bien plus marqué que dans le pays de Charleroi. Il faut noter cependant que dans le pays de Liége (rive gauche de la Meuse), les débris de poissons sont beaucoup plus rares que dans le pays de Charleroi, et il en est de même des restes de faune marine. Ce dernier fait peut tenir tout simplement à ce que les strates où l'on a chance de rencontrer ces faunes marines sont beaucoup moins accessibles et moins exploitées d'un côté que de l'autre. Par contre, les niveaux renfermant des restes de la famille des *Carbonicola* (*Anthracosia*) sont beaucoup plus nombreux à Liége.

NIVEAU N° 10. — Le toit immédiat de la Petite-Veinette renferme au bure Braconier du charbonnage du Horloz, contre le puits, des restes de *Carbonicola* (*Anthracosia*) *pumila*. La difficulté que l'on éprouve pour observer ces couches du Houiller supérieur ne nous a pas permis de voir si ces roches sont fossilifères ailleurs.

NIVEAU N° 13. — Le niveau fossilifère dont nous allons parler constitue l'un des plus intéressants du bassin, par sa continuité et par sa richesse. Partout, en effet, où la veine a été reconnue, on a pu observer ce niveau très riche en *Carbonicola* d'espèces assez variées, mais appartenant surtout à *Carbonicola ovalis* et *C. acuta*. J'ai retrouvé ce niveau au puits Braconier du Horloz, contre le puits, et au charbonnage de la Batterie (Tunnel). Il avait déjà été signalé par Davreux, en 1832, au puits Plomterie du charbonnage de Bonnefin et au charbonnage de Lahaye. M. J. de Macar l'a également retrouvé au puits Gérard Cloes du charbonnage de la Grande-Bacnure. Enfin, j'ai également trouvé des *Carbonicola* au toit de la veine Rosier, au charbonnage de Gosson-Lagasse (tunnel du siège n° 2).

Comme on le voit, la veine est fossilifère partout où elle existe. De plus, les fossiles sont extrêmement abondants, ce qui fait de cette veine Rosier, concurremment avec ses caractères lithologiques, l'horizon le plus précieux du Houiller élevé de Liége. Les fossiles existent souvent sur une grande épaisseur du toit (parfois 5 mètres), mais ils sont surtout répartis en véritables amas à environ $0^{m}30$ de la veine. Ils sont là presque toujours transformés en sidérose et remarquables par leur bonne conservation.

NIVEAU N° 15. — Le niveau fossilifère du toit de la Grande-Veine est, par contre, très localisé, car je ne l'ai encore rencontré qu'au puits n° 1 du charbonnage de Gosson-Lagasse, à l'étage Nord de 190 mètres. Là seulement, on rencontre directement sur la veine quelques-centimètres d'un schiste noirâtre, feuilleté, fossilifère, tandis que partout ailleurs la veine a un toit psammitique peu propice à la rencontre de fossiles animaux. Au Gosson, la roche est assez peu fossilifère. J'y ai rencontré quelques spécimens assez bien conservés de *Carbonicola acuta* et d'*Anthracomya laevis*. En plus, j'y ai aussi trouvé une écaille de poisson indéterminée.

NIVEAU N° 17. — Nous rencontrons de nouveau un horizon assez constant au toit de la veine appelée veine de Neppes, au puits Braconier du Horloz. La roche, très feuilletée, du toit renferme d'abondants débris de coquilles, malheureusement presque toutes en fragments et extrêmement aplaties, ce qui rend leur détermination impossible. C'est M. R. Malherbe qui, le premier, a signalé la rencontre de ce niveau à la bacnure de l'étage Sud de 285 mètres de ce puits. J'ai pu constater qu'il existe encore à d'autres étages de celui-ci. Il avait également

rencontré ce niveau fossilifère au puits Sainte-Marguerite du charbonnage de Bonnefin, étage Nord de 147 mètres. J'ai retrouvé ce même niveau au toit de la veine Stienne, au puits n° 1 de Gosson-Lagasse, étage Nord de 210 mètres. Les fossiles y ont exactement le même état de conservation qu'au Horloz. A ce dernier charbonnage, la roche renferme aussi des débris de *Spirorbis carbonarius* et d'Entomostracés.

Parmi les fossiles recueillis au Horloz, au toit de la veine de Neppes, se trouve *Carbonicola aquilina*.

NIVEAU N° 18. — M. Ad. Firket a signalé jadis la présence de *Carbonicola* dans une couche de schiste de 0m60, formant le toit de la veine Charnaprez, au niveau de 203 mètres du puits Sainte-Marguerite du charbonnage de Bonnefin. J'ai retrouvé ce niveau au puits n° 1 de Gosson-Lagasse, étage Nord de 210 mètres, mais les fossiles y sont fort rares et en mauvais état. A la Batterie, où j'ai pu observer le même horizon, les roches ne sont pas fossilifères.

NIVEAU N° 22. — Dès 1832, Davreux a reconnu que le toit de la veine Cinq-Pieds supérieure était riche en *Carbonicola*, au puits n° 1 du charbonnage de Gosson-Lagasse. J'ai retrouvé ce niveau au même endroit, où il se montre très riche en *Carbonicola ovalis*, *C. antiqua*, *C. turgida*. Les fossiles sont surtout bien conservés à quelques centimètres au-dessus de la veine, où ils forment des amas, transformés souvent en sidérose grisâtre.

Le toit de la veine Couteau présente, à Patience-Beaujonc, exactement la même faune que celle du toit de la veine Cinq-Pieds. Les fossiles sont non moins abondants, et même la fossilisation leur a donné un aspect extérieur identique, comme j'ai pu m'en assurer dans les travaux au Sud-Est du Bure-aux-Femmes. En outre, j'ai trouvé au même endroit une belle écaille de poisson du genre *Rhizodopsis*. Ce n'est pas le seul endroit où j'aie reconnu des restes de poisson à ce niveau, car j'ai trouvé aussi quelques écailles de poisson au toit de la veine Cinq-Pieds, dans le schiste feuilleté reposant directement sur la veine, au bouxtay n° 70, partant de l'étage de 210 mètres au puits n° 1 du Gosson.

NIVEAU N° 23. — Au charbonnage de Gosson-Lagasse, la veine Couteau a un toit fossilifère. Les fossiles sont des *Carbonicola*, fort aplaties malheureusement, et moins abondantes que dans les deux niveaux supérieur et inférieur à cette veine. J'ai vu ces fossiles en deux

endroits, au bouxtay n° 70 et au chassage de 302 mètres sur la bacnure de réserve.

NIVEAU N° 25. — Au charbonnage de Gosson-Lagasse, puits n° 1, dans un bouxtay d'aérage à l'extrême Nord de la concession et descendant de l'étage de 210 mètres, la veine Cochet a, au toit, un niveau fossilifère dont la ressemblance avec celui de la veine Cinq-Pieds supérieure m'a frappé. Ce sont les mêmes roches avec abondantes *Carbonicola*. L'aspect extérieur et la fossilisation même des coquilles sont identiques. Les fossiles se rencontrent aussi à la bacnure Est de 302 mètres.

Dans les travaux de la région du Sud-Est du Bure-aux-Femmes, à Patience-Beaujonc, le bon toit de la veine Cochet est très riche en empreintes de *Carbonicola*, comme la veine du même nom du Gosson.

NIVEAU N° 26. — Je ne connais qu'un seul point où cet horizon soit fossilifère : c'est au toit de la Plate-Veine du Bure-aux-Femmes du charbonnage de Patience-Beaujonc. Notamment à la bacnure Sud partant de la voie de niveau Est de la veine Mona, à l'étage de 380 mètres, le schiste noir, dur, non feuilleté, qui est au toit de la veine, renferme assez bien de belles *Carbonicola* bivalves et des écailles de poisson. En d'autres endroits des travaux du même puits, je n'ai plus revu de fossiles. Ce niveau fossilifère avait déjà été signalé depuis longtemps par M. R. Malherbe.

NIVEAU N° 27. — Le banc de grès calcarifère qui existe au charbonnage de la Batterie, bacnure Nord, étage de 105 mètres, entre la veine Couteau et la veine Cinq-Pieds, est pétri par places de *Carbonicola* à l'état d'empreintes.

NIVEAU N° 29. — Au charbonnage de Gosson-Lagasse, puits n° 1, il y a, dans la bacnure n° 70 de l'étage de 302 mètres, un briha sous la veine Grignette (à 4 mètres) qui a au toit un schiste noir avec belles empreintes de *Carbonicola*.

Au charbonnage de Patience-Beaujonc, Bure-aux-Femmes, on retrouve également des *Carbonicola* aplaties au toit feuilleté noir d'une veinette située à 2 mètres sous la Dure-Veine, dans un plan incliné à l'extrémité de la bacnure Sud partant de la voie de niveau Est de Mona, à l'étage de 380 mètres.

NIVEAU N° 30. — Si, comme je l'ai exposé dans la première partie, la veine appelée Mona au charbonnage de Patience-Beaujonc, au Midi d'un grand dérangement qui passe près de l'extrémité Sud de la bacnure de l'étage de 380 mètres vers l'Est, est bien l'équivalente de la veine Mona du même charbonnage, dans ce cas le toit de cette veine renferme des coquilles dans cette région. C'est le seul point du bassin où j'aie vu jusque maintenant un toit coquillier au-dessus de Mona-Dure-Veine.

NIVEAU N° 32. — Le niveau fossilifère du toit de la veine Halbalerie présente quelques particularités qui le rendent intéressant. Au charbonnage de Lahaye, puits Saint-Gilles, la couche présente au Sud de la faille Saint-Gilles et contre le puits un toit schisteux très riche en *Carbonicola*, qui y sont souvent transformées en sidérose et alignées par lits.

Nous avons dit que vers l'Ouest et au Nord de la faille, la veine se subdivise en deux veinettes de « briha » assez écartées. C'est le cas au charbonnage de Gosson-Lagasse. Or, chose intéressante, chacune de ces veinettes séparées a un toit fossilifère, mais c'est le toit de la veinette supérieure, donc le vrai toit de la formation entière, qui a le niveau le plus riche en fossiles. Au toit du briha supérieur, il y a d'abord, dans le schiste noir reposant directement sur la veinette, des débris très aplatis de coquilles mêlés à des Entomostracés et même à des *Spirorbis carbonarius*. Au-dessus, à $2^{m}50$ de la veinette, il y a un schiste pétri de restes de *Carbonicola*. Chose tout à fait remarquable, la veinette n'a pas de mur, et celui-ci est remplacé par un schiste noir, feuilleté, identique comme aspect et comme faune à celui immédiatement au toit.

Le toit de la deuxième veinette, l'inférieure, est aussi un schiste noir, assez riche en beaux restes de *Carbonicola* et en Entomostracés (assez rares).

Ces deux niveaux fossilifères ont été rencontrés en de nombreux points au charbonnage de Gosson-Lagasse.

La veinette supérieure des deux veinettes qui constituent la veine Halbalerie a un toit avec belles *Carbonicola* au charbonnage de Patience-Beaujonc. (Première veinette sous Mona, plan incliné partant de l'extrémité Sud de la bacnure venant de la voie de niveau Est de Mona, étage de 380 mètres du Bure-aux-Femmes.)

La veinette inférieure des deux veinettes qui constituent la veine Halbalerie est aussi pourvue de fossiles, dans son toit comme au Gosson. J'ai trouvé une belle *Carbonicola* dans son toit. (Première

veinette en montant dans le plan incliné à l'extrémité de la bacnure Sud partant de la voie de niveau Est de la veine Mona, étage de 380 mètres du Bure-aux-Femmes.)

C'est sans doute la même veinette que l'on voit, en dressant renversé, contre une faille, dans la susdite bacnure Sud, à 20 mètres au Nord du pied du susdit plan incliné. Cette veinette a un toit semblable avec *Carbonicola* aplaties.

NIVEAU N° 35. — Ce niveau fossilifère est absolument exceptionnel. En effet, il se trouve dans le mur de la veine Mona du charbonnage de Gosson-Lagasse et à environ 1m50 sous la veine. Il n'a que quelques centimètres d'épaisseur et repose directement sur un banc de calcaire. Il fait encore partie du mur de la veine, ce qui est tout à fait exceptionnel, car on y trouve, au milieu des coquilles, des radicelles de *Stigmaria*. Le banc est littéralement pétri de belles coquilles de *Carbonicola*.

Ce banc fossilifère se voit très bien au puits n° 1, étage de 326 mètres, au sommet d'un bouxtay descendant de la bacnure Ouest, vers Gosmin.

NIVEAU N° 36. — Au toit de la veine Mauva Deye au puits n° 1 du charbonnage de Gosson-Lagasse, à l'étage de 450 mètres, on trouve des *Carbonicola* assez bien conservées, mais assez rares. On les rencontre parfois, à une distance de 1 ou 2 mètres de la veine, dans des strates minces de schiste noir avec nodules irréguliers de sidérose. Ce niveau fossilifère correspond vraisemblablement à celui qui se trouve au toit d'une veinette située à 5m50 sous la Grande-Veine de Cortils (veine Gosmin), au charbonnage de la Batterie, et que l'on voit à deux reprises à la bacnure Nord, étage de 194 mètres. Cette veinette a un toit très riche en belles empreintes de *Carbonicola*.

NIVEAU N° 37. — Le toit d'une veinette terreuse (bezy) que l'on voit au charbonnage de Gosson-Lagasse sous le mur de la veine Mauva Deye, dans l'endroit précité, renferme quelques débris de coquilles indéterminables. Au charbonnage de la Batterie, il y a, à 18 mètres sous la Grande-Veine de Cortils, une veinette d'anthracite dont le toit est assez riche en empreintes de coquilles, mais malheureusement toujours aplaties et fragmentées, comme cela se voit d'habitude dans les toits formés de schiste noir se débitant en feuillets plans et réguliers comme de l'ardoise. Ces deux niveaux que nous venons de signaler sont, si pas absolument contemporains, du moins très voisins.

NIVEAU N° 40. — Au puits n° 1 du Gosson, il y a, à la bacnure de l'étage de 450 mètres, une veinette terreuse sous la veine Béguine dont le toit renferme de petites *Carbonicola* peu nombreuses mais assez bien conservées. Ce même niveau se retrouve au même charbonnage, au Sud de la faille Saint-Gilles, au puits n° 2, bacnure Sud de l'étage de 425 mètres, au toit d'une veinette située sous la Nouvelle-Veine (Béguine). Les fossiles y sont beaucoup plus abondants.

NIVEAU N° 41. — Le niveau dont nous allons parler constitue un des plus intéressants du bassin liégeois; aussi nous insisterons un peu plus longuement sur sa description. Il est surtout bien caractérisé au charbonnage du Gosson, au Nord de la faille de Saint-Gilles. Au puits n° 1, bacnure de l'étage de 450 mètres, on trouve abondamment, dans les minces lits de schiste micacé et pyritifère interstratifiés dans le toit, une faune marine constituée par la *Lingula mytiloides*. Le schiste feuilleté, semblable à de l'ardoise, qui enclave ces bancs, renferme d'assez nombreuses écailles de poisson, où j'ai remarqué notamment des *Elonychthys*. A environ 0^m50 de la veine apparaissent dans ce schiste des *Carbonicola* nombreuses, aplaties et déformées, mais vers 2^m50 de la veine, il y a un banc plus doux, où les coquilles sont littéralement pressées les unes contre les autres et souvent assez bien conservées. Dans le toit, qui, comme nous l'avons dit, est très épais, on trouve encore plus haut des coquilles sporadiques et même des amas de fossiles nombreux. J'ai revu exactement la même série de niveaux fossilifères au puits n° 2, bacnure Est de l'étage de 348 mètres. Au Sud de la faille de Saint-Gilles, au même puits, bacnure Sud de l'étage de 424 mètres, au toit d'une veinette que j'assimile à la même veine Grand-Bac, j'ai retrouvé d'abondantes empreintes de *Carbonicola* à proximité de la veinette et aussi à plusieurs mètres au-dessus, comme dans le cas précédent. Il y a même dans cette région un niveau fossilifère à *Carbonicola* au toit d'une petite veinette qui existe ici au-dessus de l'équivalent de la veine Grand-Bac et qui fait défaut au Nord de la faille. On peut vérifier ces faits en deux points où ces roches sont visibles. J'ai retrouvé exactement les mêmes niveaux fossilifères au puits de Tilleur du charbonnage du Horloz, au Nord-Ouest du puits, au toit d'une veinette assimilée à la veine Joyeuse. On trouve à son toit la même roche micacée avec *Lingula mytiloides,* mais beaucoup plus rares qu'au Gosson. Au-dessus viennent alors les *Carbonicola*. Au charbonnage de Lahaye, puits Saint-Gilles, la veine appelée Joyeuse a aussi au toit, à une certaine distance, un

remarquable niveau à *Carbonicola* de très belle conservation et extrêmement abondantes. On les rencontre en quantité de points à ce charbonnage. La couche à *Lingula* fait défaut et est remplacée par un schiste avec minces lits de charbon.

Le niveau fossilifère au toit de la veine Joyeuse de Lahaye avait déjà été signalé par R. Malherbe et G. Dewalque, qui y avaient reconnu

Carbonicola ovalis;
Nayadites modiolaris (*Mytilus Wesmaelanus*).

Parmi les fossiles que j'ai trouvés au même niveau se trouve

Carbonicola nucularis.

Au puits Grand-Bac du Bois-d'Avroy, à la bacnure Nord de 259 mètres, la veinette située à 7^m30 normalement au-dessus de la veine appelée improprement Joyeuse, montre aussi au toit un schiste micacé pyritifère identique à celui du Gosson et qui renferme des écailles et même un débris assez notable de poisson. Je n'y ai pas trouvé de Lingules, mais je ne désespère pas d'en découvrir, vu l'aspect si favorable de la roche. Le schiste noir qui vient au-dessus renferme exactement la même faune abondante de *Carbonicola* que nous avons indiquée aux trois charbonnages précédents. Enfin, dans le toit, à quelque distance de la veine Loup, au charbonnage de la Batterie, on observe aussi des *Carbonicola*, mais moins abondantes.

Au charbonnage de Patience-Beaujonc, la veinette quelquefois appelée Flairante et située sous la Deuxième-Clûte à la bacnure Nord de l'étage de 245 mètres du puits Beaujonc, a un toit très riche en belles empreintes de *Carbonicola*. Ces empreintes se rencontrent immédiatement sur la veine, et le niveau fossilifère marin fait complètement défaut. Comme partout ailleurs, les coquilles se retrouvent jusqu'à plusieurs mètres de distance de la veine, ce qui caractérise ce niveau fossilifère.

En outre, j'ai trouvé au même endroit les restes de poisson qui caractérisent ce niveau fossilifère. J'y ai même recueilli un morceau presque complet de poisson, malheureusement fort déformé. Assez bien au Nord de cette veine, et dans la même bacnure, on revoit une veine fort semblable et dont le toit m'a aussi fourni un reste presque entier de poisson et d'abondantes *Carbonicola* dans un schiste de toit identique à celui de la veine précédente. Il se pourrait donc que cette deuxième veine ne fût qu'un redoublement, par faille, de la première,

redoublement très fréquent dans cette région. La même veine, visible à la bacnure de l'étage de 360 mètres, a un toit également fossilifère.

NIVEAU N° 45. — Au charbonnage de la Batterie, à la bacnure Nord de l'étage de 194 mètres, il y a aussi des coquilles mal conservées, au toit d'une veinette située sous le grès de Grand-Marêt. On y trouve en plus de beaux Entomostracés.

NIVEAU N° 49. — Le niveau en question est très important par sa continuité, qui, se joignant aux autres caractères de la veinette, en fait un précieux horizon de repère. Le niveau est surtout riche au charbonnage du Gosson. Ainsi au puits n° 2, à la bacnure Ouest de l'étage de 348 mètres, il y a au toit de la veine Sperwimont un schiste avec coquilles aplaties et déformées, fragmentaires. J'y ai aussi trouvé une écaille de poisson et des *Spirorbis carbonarius* fixés sur des coquilles. A environ 4^{m}50 au-dessus de la veine, il y a un banc de schiste extraordinairement riche en belles empreintes de *Carbonicola*. Ce dernier banc n'existe pas partout, mais le premier se retrouve partout dans les travaux de ce puits. Au charbonnage de Lahaye, j'ai reconnu la même roche avec coquilles déformées au toit de la veinette dite Cannel-Coal, à la bacnure Nord de l'étage de 363 mètres du puits Saint-Gilles. Une veinette identique existe au puits Grand-Bac du Bois-d'Avroy, bacnure Nord, étage de 259 mètres, et son toit est également fossilifère, et à l'étage de 320 mètres on y trouve, outre les *Carbonicola*, des Entomostracés et des *Spirorbis carbonarius* fixés sur les coquilles.

Le toit de la veinette Cannel-Coal du Bois-d'Avroy renferme entre autres des *Carbonicola turgida*.

Au charbonnage de Patience-Beaujonc, une veinette, située à 15 mètres au Nord de Mâcy-Veine, à la bacnure Nord de l'étage de 245 mètres du puits Beaujonc, représente, comme nous l'avons dit, la veine Cannel-Coal. Elle a au toit un schiste riche en empreintes aplaties de *Carbonicola*. Partout où nous avons eu l'occasion d'observer cette veinette, son toit s'est donc montré fossilifère dans tous les charbonnages visités.

NIVEAU N° 50*bis*. — Je connais des fossiles à ce niveau au toit d'une veinette, au Gosson-Lagasse, où elle est visible en plusieurs endroits, notamment dans la bacnure entre les deux sièges, à l'étage de 450 mètres. Son toit est formé de schistes avec nombreuses *Carbonicola* mêlées à des fructifications.

Au charbonnage des Kessales, puits n° 1, à la bacnure Nord-Est de l'étage de 360 mètres, la veinette qui se trouve entre Magneumehon et Malpayement a un toit très riche en empreintes de belles *Carbonicola* mêlées à des fructifications, ce qui s'observe aussi ailleurs où ce niveau fossilifère existe.

Au charbonnage de Patience-Beaujonc, la veinette située normalement à 16 mètres au-dessus de la veine Quatre-Pieds et signalée dans la première partie, a un toit très riche en empreintes de *Carbonicola* avec des Entomostracés.

NIVEAU N° 52. — Le toit de la veine Cinq-Pieds inférieure au Gosson est très fossilifère. Partout où l'on peut observer cette veine, aux deux sièges, j'y ai vu d'abondantes *Carbonicola*, des Entomostracés et des écailles de poisson.

Au Sud de la faille de Saint-Gilles, à la bacnure Nord de l'étage de 500 mètres, on exploite une veine en dressant à 186 mètres de l'origine de la bacnure. On suppose que c'est la veine Cinq-Pieds inférieure. En effet, dans son toit, j'ai rencontré exactement la même faune que je viens de signaler au Nord de la faille.

Au puits Grand-Bac du Bois-d'Avroy, la veine appelée Cor et située à 60 mètres au Sud de Grand-Marêt, à la bacnure Nord de l'étage de 259 mètres, a au toit un schiste riche en empreintes très aplaties et plissées de *Carbonicola*.

Au charbonnage des Kessales, à la bacnure Nord-Est de l'étage de 360 mètres du puits n° 1, la couche de schiste feuilleté qui repose immédiatement sur la veine Malpayement renferme des écailles de poisson.

Au charbonnage de Patience-Beaujonc, le toit de la couche Quatre-Pieds renferme assez souvent des empreintes de *Carbonicola*, et j'y ai aussi trouvé des écailles de poisson immédiatement sur la veine à la bacnure Nord de l'étage de 245 mètres du Bure-Beaujonc. Au charbonnage de la Batterie, à la bacnure Nord de l'étage de 194 mètres, le toit de la veine Lophaye montre des *Carbonicola* souvent couvertes de *Spirorbis carbonarius* et en compagnie d'Entomostracés et d'écailles de poisson et d'un débris indéterminé de Crustacé. Comme on le voit, l'association des *Carbonicola*, des Entomostracés et des écailles de poisson caractérise, sur de grandes étendues, le niveau fossilifère si persistant qui accompagne l'importante veine Cinq-Pieds.

M. R. Malherbe a signalé depuis longtemps la présence de *Carbonicola* au toit de la veine Lophaye du charbonnage de la Petite-Bacnure.

N'ayant pas eu l'occasion d'observer cette veine par moi-même, je ne puis dire si cette veine est la même que celle qui porte le même nom à la Batterie.

Les fossiles recueillis au toit de la veine Quatre-Pieds de Patience-Beaujonc renferment les espèces suivantes :

Carbonicola aquilina.
— *turgida.*

NIVEAU N° 53. — Il semble être assez persistant. En effet, je l'ai observé au Gosson, puits n° 2, au toit d'une veinette visible à la bacnure Sud de l'étage de 424 mètres, contre le puits. Le toit renferme des coquilles fragmentaires et indéterminables. A la bacnure Nord du même puits, à l'étage de 500 mètres, le toit d'une veinette située au Sud et sous la veine Cinq-Pieds présumée (à 8 mètres de celle-ci) est assez riche en belles *Carbonicola.*

Au charbonnage de Patience-Beaujonc, à la bacnure Nord de l'étage de 360 mètres du Bure-Beaujonc, la veinette à 30 mètres au Sud de la veine Anthracite a au toit un schiste assez fossilifère. J'y ai trouvé pas mal de coquilles fort déformées, mêlées à des Entomostracés, ainsi qu'une belle écaille de *Rhizodopsis.* Le toit de la Douce-Veine, à la bacnure Nord de l'étage de 194 mètres du puits de la Batterie, offre aussi des coquilles fort aplaties.

Nous avons dit, dans la première partie, qu'à la même bacnure on observe, entre la Douce-Veine et la Grande-Doucette, une veine qui pourrait bien être un redoublement de la première. Elle a un toit bien semblable, également coquillier.

NIVEAU N° 54. — Le toit de la veine Béchette, partout où j'ai pu l'observer, m'a fourni des coquilles et constitue donc un horizon de repère très continu. Au puits Grand-Bac du Bois-d'Avroy, à la bacnure Nord de l'étage de 259 mètres, la veine Béchette a au toit des *Carbonicola turgida.* Il en est de même de la veine Bernalmont, au puits Piron de Lahaye, étage de 350 mètres. Cette veine est le correspondant de la veine Béchette, visible au puits Saint-Gilles du même charbonnage, à la bacnure Nord de l'étage de 563 mètres.

Aux Kessales, le toit de la veine Vigne montre des empreintes de coquilles à la bacnure Nord-Est de l'étage de 360 mètres du puits n° 1.

La veine d'anthracite bien connue au charbonnage de Patience-Beaujonc a un toit assez riche en belles *Carbonicola,* tant à l'étage Nord de 245 mètres du Bure-Beaujonc qu'à celui de 360 mètres. A ce

dernier étage, les coquilles sont accompagnées d'assez bien de restes de *Spirorbis carbonarius*.

La veine Grande-Doucette a un toit assez riche en beaux débris, parfois bivalves, de *Carbonicola* aux deux étages Nord de 105 mètres et 194 mètres du charbonnage de la Batterie.

NIVEAU N° 55. — Je ne connais de fossiles à ce niveau qu'au toit de la première veinette (puissance 0m22) située sous la veine Vigne à la bacnure Nord-Est de l'étage de 360 mètres du puits n° 1. J'assimile cette veinette avec beaucoup de doute à la veine Jean-Michel.

NIVEAU N° 55*bis*. — Je ne connais non plus de fossiles qu'au toit de la veinette la plus élevée d'un groupe de quatre veinettes situées à environ 10 mètres sous la veine Vigne, à la bacnure Nord-Est de l'étage de 360 mètres du puits n° 1 des Kessales.

Il est possible cependant que cet horizon soit représenté au charbonnage de Patience-Beaujonc par une veinette visible à la bacnure Nord de l'étage de 360 mètres du Bure-Beaujonc. Cette veinette, située en dessous de la veine que nous assimilons à Jean-Michel, se trouve à 144 mètres au Nord de la veine Quatre-Pieds dans cette bacnure. Son toit, doux et feuilleté, zonaire, renferme des débris de *Carbonicola*.

NIVEAU N° 56. — La veinette qui se trouve à ce niveau se montre assez fossilifère partout où je l'ai vue. A Lahaye, puits Saint-Gilles, son toit est extrêmement riche en *Carbonicola*. La veinette a aussi un toit fossilifère au Bois-d'Avroy, puits Grand-Bac, à la bacnure Nord de l'étage de 259 mètres au Nord de la faille de Seraing. Enfin, au Gosson, au Sud de la faille Saint-Gilles, la même veinette a un toit aussi très riche en *Carbonicola* en maints endroits. Tel est le cas au puits n° 2, dans un bouxtay descendant, partant à l'Ouest de la bacnure Sud de l'étage de 500 mètres. De même à la bacnure Nord partant de Houlleux à l'étage de 580 mètres, on voit cette veinette à 273 mètres de Houlleux avec un toit très riche en belles empreintes de *Carbonicola*.

A Lahaye, cette veinette renferme :

Carbonicola acuta ;
— *acuta* var. *rhomboidalis ;*
— *turgida ;*
— *similis.*

NIVEAU N° 60. — Au puits du Grand-Bac du Bois-d'Avroy, à la bacnure Nord de l'étage de 450 mètres, la veine Wicha montre, dans le schiste gris grossier de son toit, des coquilles peu déterminables. Dans le schiste feuilleté qui recouvre la veine Quatre-Poignées au puits Bon-Buveur des Kessales, à l'étage Nord de 225 mètres, j'ai trouvé des écailles de poisson.

NIVEAU N° 63. — Le toit de la veinette se montre extrêmement riche en belles empreintes de *Carbonicola* en plusieurs points à proximité et dans l'avaleresse du puits Saint-Gilles de Lahaye. Il en est de même d'une veinette à l'étage de 225 mètres du puits Bon-Buveur des Kessales. La faune est exactement la même, et les fossiles sont aussi, comme dans le premier point, amassés en un lit à une petite distance au-dessus de la veinette.

NIVEAU N° 65. — Les niveaux fossilifères compris entre le niveau n° 64 et celui de la veine Bomébac se ressentent de l'inconstance des veines qu'ils accompagnent. Ils sont aussi très variables, localisés et souvent difficiles à synchroniser.

Au charbonnage des Kessales, puits du Bon-Buveur, à la bacnure principale Nord de l'étage de 225 mètres, il y a du schiste avec *Carbonicola* au toit de la deuxième veinette, au Sud de la veine Petit-Hareng.

Au puits Grand-Bac du Bois-d'Avroy, bacnure Nord de l'étage de 409 mètres, il y a, à 7^m40 au Nord de la veine Grand-Moulin, une veinette dont le toit est rempli d'*Anthracomya* aplaties. Ne sachant à quoi rapporter la veine Grand-Moulin, je ne saurais préciser la position de ce niveau, qui doit cependant se trouver dans cet horizon, mais qui ne ressemble en rien à celui des Kessales.

NIVEAU N° 68. — Je ne connais encore ce niveau fossilifère qu'au puits Bon-Buveur des Kessales, bacnure principale Nord, étage de 225 mètres. Le toit de la veine renferme un niveau fossilifère très ressemblant à celui de la veinette à 7^m40 au-dessus de Grand-Moulin au Grand-Bac, quoiqu'il soit certainement plus ancien.

NIVEAU N° 70. — Dure-Veine ou Kinette ne paraît être fossilifère que dans la partie occidentale du bassin. Le toit de la Grosse-Veine du charbonnage de Bon-Espoir renferme, en effet, dans la couche immédiatement voisine de la veine, de petites *Anthracomya* assez rares. Si, comme le pensent les exploitants de ce charbonnage, la veine

exploitée jadis là sous le nom de veine n° 19 est le correspondant de la Grosse-Veine, ce niveau serait beaucoup plus riche au toit de cette veine n° 19, qui abonde en restes d'*Anthracomya laevis* très aplaties, ainsi que de nombreux Entomostracés (bacnure 635 mètres à l'Ouest du puits Héna, étage de 308 mètres). Les fossiles que j'ai signalés jadis comme provenant du charbonnage abandonné du Bois-d'Othet proviennent probablement du toit de la Mâcy-Veine qui est considéré comme le représentant de la Dure-Veine. Au Bois-d'Avroy, la Dure-Veine a au toit de très belles plantes, souvent couvertes de *Spirorbis carbonarius*. Celui-ci existe d'ailleurs au Bois-d'Othet avec des Entomostracés.

NIVEAU N° 73. — Les fossiles que j'ai signalés jadis comme provenant du puits abandonné Saint-Émile du charbonnage de Burton proviennent vraisemblablement du toit de l'une ou l'autre des veines Petite ou Grande-Harbotte, dont la réunion, plus à l'Est, constitue la veine Bomébac. J'ai trouvé ce niveau fossilifère constitué par des écailles de poisson (*Elonychthys*) et des *Carbonicola* aplaties en compagnie d'un débris qui pourrait appartenir à un Crustacé.

Si ce niveau occupe bien la place, douteuse, faute d'observation directe, que je lui attribue, on sera frappé de voir la ressemblance marquée, comme roches et comme faune (*Carbonicola* mêlée à des écailles de poisson), que présentent les trois niveaux numéros 73, 74 et 76.

Ce qui tendrait à faire croire que cette position est bien exacte, c'est qu'au puits Grand-Bac du Bois-d'Avroy, à la bacnure Nord de l'étage de 450 mètres, il y a, à 52^{m}70 au Sud de la Grande-Veine, une veinette que j'assimile à la veine Bomébac et dont le toit, formé de roche identique à celle du puits Saint-Émile, est aussi riche en débris et écailles de poisson. J'y ai aussi trouvé une dent de poisson.

NIVEAU N° 74. — Le toit de la veinette qui surmonte le grès de Flémalle est fossilifère en quelques endroits. Au puits du Grand-Bac du Bois-d'Avroy, le schiste noir du toit renferme assez bien d'écailles de poisson aux bacnures Nord de 450 mètres et de 510 mètres. Il en est de même au puits du Perron, à l'étage de 206 mètres. Au charbonnage de Bonne-Espérance, à Herstal, il y a, à la bacnure Nord de l'étage de 112 mètres, 1 kilomètre à l'Ouest du puits, une veinette située à 12^{m}50 normalement sous la Grande-Veine et dont le mur repose sur le grès de Flémalle. Son toit renferme des débris de coquilles.

NIVEAU N° 76. — La veinette sous le grès a un horizon fossilifère encore plus étendu. Au puits Bon-Buveur des Kessales, à la bacnure Nord de l'étage de 225 mètres, la veinette sous le grès de Flémalle a un toit avec assez bien d'écailles de poisson. Au Bois-d'Avroy, puits du Val-Benoît, il y a une veinette à 10 mètres au-dessus de la veine Belle-au-Jour (Malgarnie), dont le toit a fourni, lors du creusement du puits, une très belle faune signalée par A. Dumont et Davreux dès 1832, et dont les échantillons ont été décrits par de Koninck sous les noms suivants :

Carbonicola (*Cardinia*) *subconstricta ;*
— *utrata ;*
— *abbreviata ;*
— *carbonaria.*

Davreux avait déjà signalé auparavant dans cette faune la présence de

Carbonicola (*Unio*) *antiqua ;*
— *acuta.*

M. G. Dewalque y a aussi cité

Carbonicola ovalis.

Au charbonnage de Bonne-Espérance, à Herstal, M. Bertiaux a découvert dans le toit de la veine Sept-Poignées, à l'étage de 210 mètres, la présence de la *Carbonicola carbonaria*. Chose intéressante, il a également reconnu des spécimens de la même coquille dans des rognons de sidérose du mur de la même veine. La présence de coquilles dans le mur d'une veine est chose absolument exceptionnelle.

NIVEAU N° 78. — Le toit de la veine Belle-au-Jour m'a fourni des fossiles au puits du Val-Benoît, à l'étage Sud de 215 mètres dans le dressant n° I, à l'Ouest. J'y ai vu des *Anthracomya* et la *Nayadites quadrata*. Au puits du Grand-Bac, à l'étage de 409 mètres, j'ai vu aussi des *Anthracomya* assez rares dans le toit de la veine Malgarnie. G. Dewalque avait déjà signalé, en 1871, la présence de coquilles au toit de la veine à ce puits.

NIVEAU N° 79. — Au puits du Perron du Bois-d'Avroy, à la bacnure de 175 mètres, il y a, à 2^{m}50 sous la veine Malgarnie, une veinette de 0^{m}03 dont le toit de schiste gris un peu micacé m'a fourni des coquilles indéterminables.

NIVEAU N° 80. — Au même puits Perron, aux deux bacnures de 175 et de 206 mètres, il existe, à une quinzaine de mètres de la Malgarnie, deux veinettes entre lesquelles il y a du schiste gris, doux, avec coquilles indéterminables.

NIVEAU N° 81. — Je n'ai encore trouvé de fossiles à ce niveau qu'au puits du Perron du Bois-d'Avroy, à la bacnure de 175 mètres, où la veinette se trouve à $4^{m}80$ au-dessus de Castagnette. Le toit renfermait une belle *Carbonicola robusta.*

NIVEAU N° 82. — Au puits Bonne-Espérance, à Herstal, à la bacnure Nord de l'étage de 210 mètres, 1 kilomètre à l'Ouest du puits, le toit noir et feuilleté de la veine Piraquet m'a fourni des écailles de poisson.

NIVEAU N° 83. — C'est le plus continu et le plus riche de cette stampe du Houiller. Il est très persistant à trois puits du charbonnage du Bois-d'Avroy. Au puits du Val-Benoît, il a été signalé depuis longtemps par M. Ad. Firket, au toit d'une veinette sous la veine Graway, et cela en trois endroits différents. Je l'ai encore reconnu en d'autres endroits, ainsi qu'au puits Perron, à l'étage de 175 mètres, où la veinette est à $6^{m}80$ sous la veine Castagnette. Au puits du Grand-Bac, ce niveau existe aussi très riche à l'étage de 450 mètres dans la bacnure principale et dans une bacnure 150 mètres à l'Est. Partout, la roche du toit de la veinette est la même et la faune reste identique comme abondance, comme espèces et comme aspect des fossiles. Les fossiles sont surtout agglomérés en un banc à une distance variable dans le toit. Ils y sont fréquemment transformés en sidérose brune. Parmi ces fossiles, j'ai reconnu :

Carbonicola turgida;
— *acuta;*
— *aquilina.*
Entomostracés :
Spirorbis carbonarius, fixé sur les coquilles,
Elonychthys (écailles).

Le même niveau fossilifère avec la même faune (*Carbonicola* couvertes de *Spirorbis*) existe au puits du charbonnage de Bonne-Espérance, à Herstal, au toit d'une veinette sous la veine Piraquet, à la bacnure Nord de 210 mètres, 1 kilomètre à l'Ouest du puits.

NIVEAU N° 84. — Je n'ai trouvé de fossile à ce niveau qu'au puits du Grand-Bac du Bois-d'Avroy, bacnure Sud de 450 mètres, au toit d'une veinette locale située à 32 mètres au Sud de Castagnette (bacnure 150 mètres Est de la bacnure principale). Et encore, je n'ai trouvé dans le toit qu'une seule *Carbonicola* au milieu des débris végétaux.

NIVEAU N° 86. — Le toit de la veinette s'est montré, en deux points où j'ai pu l'observer, assez fossilifère. Au Bois-d'Avroy, puits Grand-Bac, bacnure de 450 mètres, le toit de la veine Petite-Dure renferme quelques débris de coquilles assez rares. Au charbonnage d'Abhooz, à la bacnure Sud de l'étage de 210 mètres, voie de niveau Ouest; dans une bacnure montante Sud, le toit de la veinette renferme assez bien d'écailles de poisson et des coquilles très fragmentaires.

NIVEAU N° 87. — Le toit de l'importante veine Stenaye m'a aussi fourni des fossiles en quelques points situés les uns aux deux bouts du bassin, l'autre au centre. Au charbonnage de Bon-Espoir, aux Awirs, le toit de la Grande-Jawenne m'a fourni des écailles de poisson et des débris (mandibules) de poisson. Au charbonnage d'Abhooz, à la bacnure Sud de 210 mètres, voie de niveau Ouest, le toit de la Grande-Veine-des-Dames montre des *Anthracomya* fort aplaties. Au charbonnage du Bois-d'Avroy, le toit immédiat de la veine est constitué généralement par du psammite ou du grès; mais, fait très rare, au-dessus de ces roches arénacées, on trouve parfois des bancs de schiste noir intense, à rayure brunâtre, fossilifère. C'est le cas au puits Grand-Bac, à la bacnure de l'étage de 450 mètres, située à 150 mètres à l'Est de la bacnure principale, où l'on voit au-dessus du grès un banc noir à 7 mètres au Nord de la veine Stenaye et qui renferme de nombreuses *Anthracomya* déformées, parfois couvertes de *Spirorbis carbonarius*.

NIVEAU N° 91. — Au charbonnage de Baldaz, tunnel Beco, le besy, au-dessus de la veine Petite-Farinette, renferme dans son toit des écailles de poisson.

NIVEAU N° 92. — Au charbonnage de Baldaz-Lalore, tunnel Beco, la veine Petite-Farinette a un toit extrêmement riche en coquilles, où l'on reconnaît des *Nayadites* et des *Carbonicola*. Au charbonnage du Bois-d'Avroy, puits du Perron, il y a, à $2^{m}50$ sous la Douce-Veine, une veinette que j'assimile à la Petite-Farinette. Elle a aussi au toit une

roche riche en coquilles, souvent bien conservées, où j'ai reconnu, à l'étage de 345 mètres, des *Anthracomya laevis* et des Entomostracés.

NIVEAU N° 93. — Au charbonnage d'Abhooz, dans la bacnure Sud de l'étage de 210 mètres, il y a, au toit de la première veinette au Sud de la veine Britte, un schiste doux, où j'ai trouvé des Entomostracés et des écailles de *Rhizodopsis*. Il est possible qu'au lieu des trois niveaux n°s 91-92-93, il n'y ait que deux niveaux fossilifères. La difficulté de les raccorder exactement m'a engagé à les séparer jusqu'à plus ample information.

NIVEAU N° 95. — Au charbonnage du Bois-d'Avroy, le toit de la veine Grand-Joli-Chêne est extrêmement fossilifère, surtout au puits du Perron. Il en est de même au charbonnage voisin (situé sur la rive droite de la Meuse), aux Six-Bonniers, où la veine est appelée Chêne. Les fossiles, malheureusement très déformés, paraissent être des *Nayadites*. Il y a énormément d'Entomostracés d'une belle conservation et des *Spirorbis carbonarius* fixés sur les coquilles.

NIVEAU N° 96. — Au puits du Perron du Bois-d'Avroy, à l'étage de 490 mètres, il y a, sous la veine Grand-Joli-Chêne, une veinette dont le toit, de schiste psammitique, m'a fourni une coquille qui paraît être une petite *Carbonicola*.

NIVEAU N° 98. — Ce niveau est un des plus intéressants du terrain houiller par son caractère franchement marin et par son extension.

Au charbonnage de Burton, à la galerie de la Mallieue, et au charbonnage de Bon-Espoir, à la galerie du Dos, la couche, dans des dressants du Midi, présente dans les nodules calcaires de son toit une faune absolument marine. On y trouve, en effet, des *Orthoceras*, des *Goniatites* et des Entomostracés.

Dans les plateures du Nord, au puits Héna, j'ai trouvé des écailles de poisson dans le toit de la veine Flairante, à 38 mètres au Nord du puits, bacnure de l'étage de 408 mètres.

Au toit de la veine Chenou, au tunnel Beco, du charbonnage de Baldaz-Lalore, j'ai aussi recueilli de nombreuses coquilles, malheureusement trop mal conservées pour être déterminables. J'y ai vu aussi des écailles de poisson et des Entomostracés.

Au charbonnage du Bois-d'Avroy, puits du Val-Benoît, M. Ad. Firket

a signalé jadis la présence d'un intéressant niveau fossilifère au toit de la veine Lairesse. Il y a noté la présence de *Posidonomya* et de *Spirorbis carbonarius* fixé sur les coquilles. J'ai retrouvé également de grandes coquilles indéterminables dans le schiste gris, doux, un peu au-dessus de la veine, et dans le schiste noir contigu à la veine, j'ai vu en abondance des écailles de poisson et des *Lingula mytiloides*. Parmi les écailles de poisson, on distingue des écailles d'*Elonychthys*.

A Abhooz et à Biquet-Gorée, où la veine existe, je n'ai pu encore y découvrir de fossiles.

Au Bois-d'Avroy, puits du Perron, la veine Lairesse a un toit très épais, dans lequel on constate la présence de bancs très continus de schiste noir, fossilifère. Ainsi, à la bacnure de l'étage de 345 mètres, il y a un premier banc noir à 11^{m}50 au Nord de la veine (presque verticale). Il y en a un second à 20 mètres au Nord de la veine. Ils renferment des coquilles qui, chose importante, me paraissent être des *Carbonicola*.

NIVEAU N° 100. — Dans la partie occidentale du bassin, la veine Grande-Pucelle est fossilifère. Dans le dressant du Midi, elle présente des *Carbonicola acuta* au charbonnage de Bois-des-Moines. Dans les plateures du Nord, aux charbonnages de Bon-Espoir et d'Oulhaye-Lurtay, la veine se montre partout fossilifère. La couche de schiste feuilleté reposant directement sur la veine est assez riche en écailles d'*Elonychthys*. Le schiste noir au-dessus renferme, surtout à la distance de 0^{m}50 de la veine, de véritables lits de coquilles, souvent transformées en sidérose grise. *Carbonicola turgida* y est très abondante.

Dans les parties centrales et orientales du bassin, au Bois-d'Avroy, à Abhooz et à Biquet-Gorée, le toit de la veine est complètement changé et ne montre pas de coquilles.

NIVEAU N° 101. — Les quatre niveaux qui vont suivre se font remarquer par leur ressemblance assez marquée, par l'abondance des fossiles et par leur extension, surtout aux deux bouts du bassin.

Le niveau en question s'est montré fossilifère au charbonnage d'Abhooz, à la bacnure Sud de l'étage de 389 mètres. Le toit de la veinette était assez riche en *Anthracomya*. La même veinette s'est aussi montrée riche en *Anthracomya* au sondage n° 1 du même charbonnage, à la profondeur de 138^{m}40. En ce point, cependant, la synonymie est douteuse; par suite de faille, on pourrait tout simplement se trouver en présence de la veine suivante.

NIVEAU N° 102. — Ce niveau est le plus riche en fossiles parmi ses voisins. A Biquet-Gorée, le toit de la veine Boutenante se montre d'une richesse prodigieuse en *Anthracomya Williamsoni* spécialement. Le toit des voies de niveau est littéralement pavé de coquilles. Au charbonnage d'Abhooz, on retrouve ce niveau fossilifère au toit d'une veinette à la bacnure Nord de l'étage de 210 mètres, à la bacnure Sud de l'étage de 389 mètres. On y constate la même abondance du même fossile. Il en est de même au toit de la veine Petite-Pucelle, au charbonnage de Bon-Espoir, aux Awirs, tunnel du Dos, où j'ai trouvé en plus des écailles de poisson.

Le même niveau s'est rencontré au charbonnage d'Abhooz, au sondage n° 1, dans le toit d'une veinette recoupée à la profondeur de 79^{m}50 et où l'on voyait la même abondance de fossiles.

Au sondage n° 2 d'Abhooz, le toit de la veine Boutenante (recoupée à la profondeur de 206 mètres) m'a fourni la même abondance de coquilles que partout ailleurs dans cette région.

La veinette que j'assimile, avec doute, à ce niveau à Baldaz-Lalore, tunnel Beco, a au toit une faune marine bien différente, constituée par des *Lingula mytiloides* et des écailles de poisson.

NIVEAU N° 103. — Ce niveau fossilifère très remarquable se trouve au toit d'une veinette souvent sans charbon. Je l'ai rencontré en premier lieu à Biquet-Gorée, à la bacnure Nord de l'étage de 130 mètres, 1 100 mètres à l'Ouest du puits Pieter. Le schiste micacé reposant directement sur le mur est riche en écailles de poissons (*Elonychthys*, *Platysomus*, *Rhizodopsis*) et montre, au-dessus, quelques débris de coquilles.

Au charbonnage d'Abhooz, la même formation fossilifère existe aussi à la bacnure Nord, étage de 210 mètres. J'y ai trouvé une superbe dent de poisson (Sélacien). Dans le bure même d'Abhooz, au-dessus de la roche micacée, il y a du schiste assez riche en *Anthracomya*. Au sondage n° 1 du même charbonnage, la même formation a été recoupée deux fois par suite de faille. A 84^{m}75 de profondeur, j'y ai trouvé assez bien d'écailles de *Rhizodopsis* et de *Cœlacanthus*. Un échantillon montrait une douzaine d'écailles de ce dernier poisson, presque contiguës. A la profondeur de 150 mètres, les écailles d'*Elonychthys* dominaient.

Au sondage n° 2 d'Abhooz, le même niveau a fourni, à la profondeur de 35 mètres, également des écailles de poisson. Au premier sondage, à 84^{m}75 de profondeur, j'ai constaté aussi la présence de coquilles.

NIVEAU N° 104. — Ce niveau est plus persistant que les autres. Je l'ai trouvé d'abord à Biquet-Gorée; au toit de la veine Boulotte, les coquilles y sont assez rares et appartiennent en partie aussi à l'*Anthracomya Williamsoni*. J'en ai vu à l'étage de 130 mètres dans la voie de niveau, 900 mètres à l'Ouest du puits, où elles étaient assez abondantes. Le toit de la veine correspondante, à Abhooz, ne paraît pas riche en fossiles au bure d'Abhooz. On vient d'en rencontrer assez bien (au toit de la Petite-Veine d'Oupeye) dans une bacnure de recherche, 450 mètres à l'Ouest et 150 mètres au Sud du bure, à l'étage de 389 mètres.

Au sondage n° 1, la veine a été recoupée deux fois par suite de faille. A la première recoupe, à 91^{m}50 de profondeur, le toit renfermait quelques écailles de *Cœlacanthus* et des Entomostracés. A la seconde, à 155 mètres de profondeur, on y trouvait des *Anthracomya*.

Au sondage n° 2, la veine a aussi été recoupée avec un toit coquillier à la profondeur de 40 mètres.

Au charbonnage du Bois-d'Avroy, puits du Perron, dans deux bacnures entre les deux branches de la veine Désirée, aux étages de 380 et de 430 mètres, la quatrième veinette sous la veine Désirée qui représente ce niveau m'a fourni aussi des *Anthracomya* assez abondantes.

Au charbonnage de Baldaz, il existe au tunnel Beco, à cet horizon, une veinette terreuse dont le toit est rempli de coquilles qui me paraissent être de *Nayadites*. Cette veine est à 55 mètres au Sud de Grande-Pucelle.

Au tunnel de Bon-Espoir (Dos), le toit de la Mâcy-Veine m'a fourni des écailles de poisson.

NIVEAU N° 105. — Au charbonnage de Bon-Espoir, aux Awirs, la veine de Flône m'a donné dans son toit des écailles assez rares d'*Elonychthys*.

Au charbonnage d'Abhooz, la première veinette sous la Petite-Veine d'Oupeye, qui correspond à cette veine, m'a aussi fourni des écailles de poisson, à la bacnure Nord de l'étage de 210 mètres du bure d'Abhooz. Cette veinette a été recoupée au sondage n° 1 d'Abhooz, à la profondeur de 108^{m}50. Dans son toit, j'ai aussi trouvé des écailles de *Cœlacanthus* et d'*Elonychthys*.

Au sondage n° 2, la veinette, recoupée à la profondeur de 234 mètres, m'a fourni un exemplaire très aplati, indéterminable, de *Carbonicola* et des écailles de *Coelacanthus*.

NIVEAU N° 106. — Au charbonnage d'Abhooz, il existe, à la bacnure Nord de l'étage de 210 mètres, une veinette située normalement à environ 55 mètres sous la Petite-Veine d'Oupeye. Son toit est littéralement pétri de coquilles marines tellement serrées les unes contre les autres qu'elles sont à peine déterminables génériquement. J'y ai reconnu des *Orthoceras*, *Goniatites* et des Entomostracés.

NIVEAU N° 109. — A ce niveau, j'ai trouvé au toit de la Veine-au-Grès du tunnel Beco de Baldaz-Lalore des écailles de *Rhizodopsis* et de petites coquilles marines non encore déterminées.
Au tunnel du Dos du charbonnage de Bon-Espoir, le toit de la veine Chandelle m'a fourni des écailles de poisson.

NIVEAU N° 110. — Un banc noir, situé à pleine stampe à 150 mètres du calcaire carbonifère dans le tunnel Beco de Baldaz-Lalore, m'a fourni des *Goniatites* et des *Aviculopecten*, ainsi que des coquilles marines. Au charbonnage de Burton, galerie de la Mallieue, à 150 mètres également du calcaire, un banc semblable est très fossilifère. On y rencontre des *Goniatites*, *Orthoceras*, *Posidonomya* et des Entomostracés.

NIVEAU N° 112. — Au tunnel du Dos de Bon-Espoir, le toit de la Veine-au-Grès contient des débris de *Lingula mytiloides*, ainsi que d'autres coquilles indéterminables.

NIVEAU N° 113. — Le toit d'une veinette schisteuse, à 3 mètres au-dessus de la Veine-aux-Terres du tunnel du Dos de Bon-Espoir, montre des écailles de poisson (douteuses).

NIVEAU N° 114. — Au même tunnel du Dos, j'ai trouvé dans le toit de la Veine-aux-Terres des coquilles marines indéterminées. Au tunnel Beco de Baldaz-Lalore, le toit de la Veine-aux-Terres renferme des *Lingula mytiloides* et des *Orthoceras*.

NIVEAU N° 116. — L'ampélite de Chokier est connue depuis longtemps par sa faune remarquable. Les descriptions de A. Dumont et de Davreux, les ouvrages de M. L.-G. de Koninck ont fait connaître les nombreuses espèces qu'elle contient. Depuis lors, les recherches de MM. M. Lohest, P. Destinez, J. Purves ont mis au jour des matériaux nouveaux. M. le Dr Wheelton Hind, le spécialiste bien connu par ses

études sur la faune carbonifère, a déterminé la collection que j'avais formée de la faune de Chokier. En combinant tous ces matériaux, on peut dresser la liste suivante des fossiles que l'on a trouvés dans l'assise dans la région que nous étudions.

Poissons	*Megalichthys Agassizianus*, Chokier.
	Campodus Agassizianus, Chokier.
	Acrolepis Hopkinsi, Chokier.
	Petrodus patelliformis, Chokier.
	Xystracanthus Konincki, Chokier.
	Chomatodus arcuatus, Chokier.
	Diplodus duplicatus, Chokier.
	— *latus*, Chokier.
Brachiopodes	*Lingula parallela*, Chokier.
	Productus scabriculus, Flône.
Lamellibranches	*Pterineopecten papyraceus*, Ampsin, Chokier.
	Modiola transversa, Chokier.
	Posidoniella laevis, Chokier, Wahairon, Flémalle.
	Myalina sp., Flône, Chokier.
Céphalopodes	*Stroboceras sulcatum*, Chokier.
	Orthoceras Steinhaueri, Chokier.
	— *minimum*, Chokier.
	— *Koninckii*, Chokier.
	Glyphoceras diadema, Chokier.
	Dimorphoceras Gilbertsoni, Chokier.
	— *Loonyi*, Chokier.

§ 2. — Résumé paléontologique.

Je connais jusque maintenant, dans la partie du bassin de Liége dont je viens de faire l'étude, environ soixante-six niveaux fossilifères, nombre sensiblement plus élevé que celui que j'avais constaté dans le bassin de Charleroi. En gros, ces niveaux sont répartis d'une façon à peu près régulière dans toute l'épaisseur du terrain houiller. Il y a cependant à noter trois zones stériles. La première, dans le Houiller tout à fait élevé, tient peut-être à l'insuffisance des études sur cette partie du Houiller. Les deux autres se trouvent, l'une sous la veine Stenaye, l'autre, la plus marquée, de part et d'autre du poudingue houiller.

Il y a aussi une tendance légère à la concentration des niveaux fossi-

lifères dans certains horizons du Houiller. Par exemple, sous la veine Grand-Marêt, au-dessus de la Grande-Veine-des-Dames, sous la veine Grande-Pucelle.

Il est un fait bon à signaler également. Lorsque dans une région du bassin un faisceau de couches consécutives présente sans interruption des couches à facies lithologique particulier, à toit schisteux noir, doux, régulier, on y constate une succession non interrompue de niveaux fossilifères. Ils peuvent très bien être localisés et ne pas exister ailleurs, là où le même faisceau a des caractères lithologiques différents, arénacé notamment. Je citerai comme exemple la belle suite de niveaux fossilifères que l'on observe au charbonnage de Patience-Beaujonc depuis le niveau n° 22 jusqu'au niveau n° 32 et dont quelques-uns sont spéciaux à ce charbonnage. Ce fait coïncide avec celui que nous avons signalé plus haut pour les charbonnages situés juste au centre du bassin (1).

Un coup d'œil sur la planche annexée à ce travail montre aussi que les niveaux coquilliers font défaut au voisinage immédiat des veines puissantes et variables. Je citerai notamment les veines des n°s 33 (Blanche-Veine) et 47 (Grand-Marêt).

Nous allons examiner maintenant les transformations que la faune houillère a subies au cours des temps, transformations que la planche annexée à ce travail est destinée à mettre en relief.

FAUNE MALACOLOGIQUE. — La faune de l'étage namurien est, comme on peut le voir, uniquement marine. L'assise de Chokier présente, dans la région, au plus haut degré un facies pélagique, comme le démontrent à l'évidence les rognons calcaires à Céphalopodes, *Goniatites* surtout, qu'elle contient.

Dans l'assise d'Andenne, la même faune à Céphalopodes persiste, mais mélangée à des Lamellibranches, moins pélagiques. Les nodules calcaires disparaissent ainsi que les schistes fins ampélitiques, pour faire place à des sédiments arénacés. Tout cela indique un changement notable dans les conditions de sédimentation, changement qui trouve sa plus haute expression dans la formation des bancs du poudingue houiller.

Dans l'étage westphalien, la faune a un caractère mélangé. On y trouve encore des faunes marines, mais on voit apparaître, nombreux,

---

(1) Dans le résumé lithologique qui termine la première partie de ce travail, nous avons déjà signalé quelques exemples de localisation de facies lithologiques.

des représentants de genres complètement nouveaux de Mollusques, que d'aucuns considèrent comme absolument d'eau douce, tandis que pour d'autres ce seraient encore des organismes marins. Je veux parler des *Carbonicola*, *Anthracomya* et *Nayadites*. Quoi qu'il en soit de cette question, qui mérite d'être étudiée à part, la seule apparition de ces animaux suffit à montrer l'existence de conditions biologiques nouvelles.

Et cependant, dans l'assise de Châtelet, des trois niveaux fossilifères marins que l'on y observe, deux rappellent, par l'abondance des Céphalopodes, les conditions géogéniques de l'assise de Chokier, et cela est surtout vrai pour le niveau le plus élevé, celui de la veine Chenou. Le mélange des deux espèces de faunes est bien marqué, non seulement par l'enchevêtrement très serré des différents niveaux, mais même par le mélange des deux espèces d'animaux au voisinage de la même veine, comme pour la veine Chenou.

La faune marine cesse brusquement avec la veine Chenou, mais, fait important, cette disparition n'est pas complète, car on voit, bien plus haut, réapparaître tout à coup une nouvelle faune marine au toit de la veine Grand-Bac, c'est-à-dire à près de 550 mètres au-dessus du niveau de la veine Chenou. A vrai dire, ce niveau n'est pas constitué par des animaux absolument pélagiques, puisqu'il est représenté par la *Lingula mytiloides* seule. La réapparition brusque, et unique d'ailleurs, de cette faune marine est néanmoins un fait de la plus haute importance et dont nous allons essayer de tirer quelques conclusions.

Avant toute autre chose, cette longue survivance de la *Lingula mytiloides* est une nouvelle preuve, à ajouter à celles que l'on possédait déjà, de la résistance du genre *Lingula* aux modifications de conditions de milieu. On sait, en effet, que ce genre, apparu dans les premiers temps du Cambrien, traverse toute la longue suite des temps géologiques, seul spécimen d'une aussi étonnante pérennité.

La localisation de ce niveau marin dans quelques charbonnages voisins et situés, comme nous l'avons déjà dit précédemment, dans des conditions de gisement spéciales, nous permet aussi de tirer quelques conclusions. En effet, les charbonnages de Gosson-Lagasse et du Horloz, où nous avons observé cette faune, se trouvent là où le bassin a actuellement le maximum d'épaisseur. Dans le résumé lithologique, nous avons déjà essayé de prouver que ce point constituait aussi, pendant la formation du bassin, la partie la plus profonde de la cuvette. La découverte de la faune marine au même point vient encore corroborer les arguments que j'ai fournis sur cette question. Ce qui viendrait

encore à l'appui de l'hypothèse que j'ai émise, c'est l'abondance des niveaux fossilifères dans les charbonnages situés aux alentours de ce point, par exemple à Gosson-Lagasse et au Bois-d'Avroy. On aura sans doute été frappé, en lisant les pages consacrées à la description des niveaux fossilifères, de voir combien souvent revenait le nom de ces deux charbonnages. Certes, la chose peut s'expliquer, en bonne partie, par le zèle, digne d'admiration, que mettent à la recherche des fossiles les directeurs des travaux de ces charbonnages, MM. H. Bogaert et H. Lhoest, deux ingénieurs distingués que je suis fier de compter au nombre de mes amis (1).

Néanmoins, j'ai pu m'assurer par moi-même que beaucoup de roches qui sont fossilifères dans cette région ne le sont plus aux alentours. Il est donc probable que cette partie du bassin, par sa profondeur plus grande, permettait le dépôt de boues fines se formant au milieu du calme que seules admettent les grandes profondeurs. On sait que ce sont là les conditions d'existence préférées par les mollusques de la famille des *Carbonicola* et genres voisins.

Passant maintenant à un autre ordre d'idées, je ferai remarquer combien peu la faune malacologique s'est transformée au cours de la période du Houiller supérieur, si on laisse de côté la question des niveaux marins. Les noms que l'on remarque dans les niveaux de l'assise de Châtelet se retrouvent, en effet, jusque dans les niveaux les plus élevés de l'assise de Charleroi. Citons quelques faits. L'*Anthracomya laevis* se trouve au toit de la Grande-Veine supérieure de Gosson-Lagasse et au toit de la veinette sous Douce-Veine (Petite-Farinette) du Bois-d'Avroy, qui est à 740 mètres sous la précédente. La *Carbonicola acuta,* qui se trouve au toit de la même Grande-Veine supérieure, se revoit au Bois-d'Avroy au toit de la veinette sous Graway (Piraquet), 630 mètres sous la précédente. La *Carbonicola turgida* existe au toit de la veinette Cannel-Coal du Bois-d'Avroy et au toit de la veine Lurtay (Grande-Pucelle) du charbonnage d'Oulhaye-Lurtay. Entre les deux niveaux, il y a 525 mètres de stampe. Ces exemples pourraient être multipliés. A l'appui de ce fait, on peut encore citer l'exemple suivant, pris dans le bassin de la rive droite de la Meuse. M. Ad. Firket a découvert, en différents points, à Angleur, dans le Houiller inférieur (étage namurien), d'abondants débris de coquilles qui

(1) Il est juste de rappeler aussi que dans ces deux charbonnages, les deux ingénieurs dont nous venons de citer les noms, ont été intelligemment secondés par leurs collaborateurs : les ingénieurs Gerday, Libert, Philipps et Tillemans.

ont été déterminées comme *Modiola Carlottae* Roemer. Des échantillons que j'avais recueillis au même endroit ayant été soumis à M. Wheelton Hind, il a reconnu leur identité avec l'*Anthracomya Philipsi*, qui caractérise les strates les plus élevées (Upper coal measures) des bassins du centre de l'Angleterre. Il est à remarquer d'ailleurs que dans le bassin de Liége, les *Anthracomya* ne sont abondantes que dans la partie la plus basse de l'assise de Charleroi et dans l'assise de Châtelet.

FAUNE ICHTHYOLOGIQUE. — A Charleroi et à Liége, les débris de poissons se retrouvent dans toute l'épaisseur du Houiller, et l'on observe, des deux côtés, que les poissons, d'ailleurs beaucoup plus aptes à se prêter aux modifications de milieu, survivent, comme types marins, bien plus longtemps que les Mollusques et les Brachiopodes. A Liége cependant, on constate une modification lente au cours de la période houillère. Les types franchement marins ne dépassent pas tous l'assise de Châtelet. De plus, les poissons que l'on rencontre au-dessus de la veine Houlleux présentent des types différents de ceux des strates inférieures à cette veine. Leur étude n'est pas encore suffisamment avancée pour que je puisse citer des noms précis à l'appui de ce que je viens de dire.

Il y a cependant un fait reconnu et qui montre que certains types, au moins, de poissons sont aptes à traverser toute l'épaisseur du Houiller.

Je veux parler du genre si franchement marin des *Rhizodopsis*. Signalé par M. Lohest dans l'assise de Chokier, à Argenteau (rive droite de la Meuse, au milieu d'une faune absolument marine (*Goniatites, Posidonomya,* etc.), je l'ai retrouvé dans toute l'épaisseur du Houiller de Liége, dans toutes les assises et jusque près du sommet. Il existe notamment dans les niveaux nos 22, 53, 93, 103, 109.

ENTOMOSTRACÉS. — Les Entomostracés traversent aussi presque tout le Houiller, et les types marins que l'on voit en compagnie des coquilles marines se retrouvent beaucoup plus haut qu'elles.

ANNÉLIDES. — Le curieux organisme que l'on a appelé *Spirorbis carbonarius* se retrouve aussi de haut en bas du Houiller, dans les conditions de gisement les plus diverses. Tantôt il est fixé à des débris végétaux, tantôt à des coquilles marines, tantôt à des coquilles de la famille des *Carbonicola,* tantôt il est libre sur les roches.

TROISIÈME PARTIE.

Composition chimique des couches.

Dans mon travail sur le bassin de Charleroi, les notions concernant la constitution chimique des couches de charbon ont été distribuées dans la partie stratigraphique. Je crois préférable de les réunir en un chapitre spécial pour faciliter les comparaisons et les synthèses.

On sait que la composition chimique d'une même couche de houille peut varier dans de très grandes limites suivant les conditions de gisement où on l'examine. J'ai déjà traité cette question en détail dans un travail intitulé : *Des rapports entre la composition des charbons et leurs conditions de gisement* (Annales des Mines, t. V, 1900). Dans ce travail, j'ai signalé les faits intéressants que présente le bassin de Liége au point de vue de la variation des charbons. Je n'aurai donc plus à revenir sur ce sujet que pour préciser ou compléter ce travail.

§ 1.

A Liége, comme partout, les couches les plus récentes sont les plus riches en matières volatiles, mais la gradation n'est visible que dans l'ensemble et il y a des exceptions individuelles très marquées.

Nous donnons ci-après deux tableaux où les couches sont rangées dans leur ordre de superposition chronologique. Le premier tableau comprend les couches en plateure du centre du bord Nord du bassin. Le second comprend les couches en dressants du bord Sud du bassin. Faute de pouvoir trouver en une même verticale toute la série des couches existantes, nous avons bien dû composer ces tableaux de lambeaux de séries pris en des régions différentes. Naturellement, cela fait intervenir des influences régionales qui diminuent beaucoup la valeur du tableau.

Premier tableau : Plateures.

N.-B. — Les numéros placés dans la première colonne indiquent la place des veines dans la planche qui accompagne ce travail.

N°	VEINES.	CHARBONNAGES.	PUITS.	MATIÈRES VOLATILES.	CENDRES.	RÉGIONS.
7	Grande-Veinette .	Horloz.	Bure de Xhorre	23.70	0.55	
11	Crusny	Id.	Braconier.	21.67	»	
13	Rosier	Id.	Id.	23 00	»	
15	Grande-Veine . .	Gosson.	Siège n° 1.	22.77	2.36	
18	Charnaprez. . .	Id.	Id.	18.85	0.93	
20	Maret	Id.	Id.	22.65	3.80	
21	Quatre-Pieds . .	Id.	Id.	19.32	3.84	
22	Cinq-Pieds . . .	Id.	Id.	16.98	3.87	
25	Cochet	Lahaye.	Vieille-Haye.	20.25	3.84	
26	Biesline. . . .	Gosson.	Siège n° 2.	22.08	6.52	
30	Dure-Veine. . .	Id.	Id.	22.05	5.60	Nord de la faille St-Gilles.
35	Gosmin. . . .	Id.	Id.	19.17	2.65	
»	Mauva-Deye . .	Id.	Id.	18.70	6.40	
»	Béguine. . . .	Id.	Id.	19.26	6.93	
»	Grand-Bac . . .	Id.	Id.	21.60	8.00	
47	Mâcy-Veine. . .	Id.	Id.	16.02	4.63	
»	Plate-Laye . .	Id.	Id.	16.48	7.45	
»	Sperwimont . .	Id.	Id.	17.03	10.96	
»	Quatre-Pieds inf. .	Id.	Id.	17.03	5.60	
58	Houlleux . . .	Id.	Id.	13.90	3.10	Sud de la faille Saint-Gilles.
60	Petite-Moisa . .	Lahaye.	Pts St-Gilles.	17.00	1.50	
68	Petite-Bovy. . .	Bnne-Espérance.	Espérance.	7.82	2.05	
70	Grande-Bovy . .	Id.	Id.	6.08	7.00	
73	Haute-Claire . .	Id.	Id.	7.30	7.40	
73	Grande-Veine . .	Id.	Id.	7.61	3.70	
76	Sept-Poignées . .	Id.	Id.	6.20	6.60	
78	Veine-du-Fond.	Id.	Id.	6 20	15.00	Nord de la faille St-Gilles.
87	Gde-Veine-des-Dames	Abhooz.	Pts d'Abhooz.	6.80	13 05	
95	Britte	Id.	Id.	6.00	4.23	
100	Belle-et-Bonne. .	Biquet.	Puits Piéter.	6.00	2.15	
102	Boutenante. . .	Id.	Id.	6.50	13.25	
104	Boulotte . . .	Id.	Id.	6.30	11.60	

Deuxième tableau : Dressants.

N°.	VEINES.	CHARBONNAGES.	PUITS.	MATIÈRES VOLATILES.	CENDRES.
58	Grande-Veine .	Kessales.	Romarin.	20.80	1.52
64	Petit-Hareng .	Id.	Id.	17.23	4.26
66	Bagosset . .	Id.	Id.	18.60	2.04
68	Grand-Hareng .	Id.	Id.	16.11	1.68
70	Kinette . . .	Id.	Id.	15.08	5.10
71	Hardie . . .	Id.	Id.	19.59	3.22
73	Bomébac . .	Id.	Bon-Buveur.	18.11	2.02
76	Bichnoulle . .	Id.	Id.	20.80	1.23
78	Bahufnay . .	Id.	Id.	15.50	3.40
82	Harbotte . .	Id.	Id.	18.10	6.15
87	Jawenne . .	Bon-Espoir.	Galerie du Dos.	16.60	6.00
90	Graindorge .	Id.	Id.	16 80	5.70
95	Hawy . . .	Id.	Id.	15.00	7 00
100	Grande-Pucelle	Id.	Id.	16.00	4.16
109	Chandelle . .	Id.	Id.	13.60	3.94
112	Veine-au-Grès .	Id.	Id.	15.40	18.00

Comme on peut le voir d'après ces tableaux, il y a bien dans l'ensemble une diminution de teneur en matières volatiles en allant des couches les plus récentes vers les plus anciennes, mais cette diminution de teneur se fait par saccades, avec des irrégularités. Tantôt on voit une couche plus grasse que ses voisines. C'est souvent le cas pour la couche Rosier, par exemple, ou pour la couche Cinq-Pieds inférieure ou Cor. Pour cette dernière, il est à noter que sur la rive droite de la Meuse, le même phénomène se produit, au point que c'est cette veine qui, à Cockerill (24 %) et à Marihaye (25 % de matières volatiles), a fourni les charbons les plus gras connus dans tout le bassin de Liége.

Tantôt, par contre, on voit des veines plus maigres que leurs voisines, la veine Charnaprez, par exemple.

Il est un autre fait qui découle aussi nettement des tableaux précé-

dents : c'est que dans l'étage namurien et dans l'assise de Châtelet, la teneur des charbons reste presque constante, même jusqu'au grès de Flémalle.

Aux deux bouts du bassin, à Engis et à Herstal, la teneur des charbons est sensiblement la même depuis le calcaire jusqu'au grès de Flémalle. Cette constance se remarque, quoique dans une région le charbon soit anthraciteux et dans l'autre demi-gras. Ainsi donc, sur une épaisseur de stampe de 600 mètres, les charbons restent les mêmes, alors que dans l'assise de Charleroi, de Houlleux à Grande-Veinette, la teneur augmente de 10 °/₀ sur une épaisseur de stampe équivalente. Quelle que soit la cause qui ait produit ces différences de composition, on peut toujours affirmer que cette cause n'a pas varié sensiblement dans le premier cas, tandis qu'elle s'est modifiée graduellement dans le second cas.

§ 2.

Une même couche de charbon, toutes autres conditions égales, varie de composition suivant la région où on l'observe. Ainsi, nous avons dit dans notre travail précité que les couches étaient plus grasses dans le méridien de Seraing et qu'elles devenaient plus maigres surtout en allant vers Herstal. Ainsi, en suivant la Grande-Veine-des-Dames du Sud-Ouest vers le Nord-Est, on la voit passer par les compositions suivantes :

Bon-Espoir . . .	16.60	°/₀ de matières volatiles.
Val-Benoît . . .	17.45	
Abhooz	6.80	

De même dans le Houiller tout à fait élevé, si nous prenons un horizon bien reconnaissable, si nous suivons la Veine Maret, par exemple, nous la voyons varier comme suit dans la même direction :

Gosson-Lagasse . .	22.65	°/₀ de matières volatiles.
Horloz.	22.54	
Lahaye	22.04	
Batterie	16.04	
Grande-Bacnure. .	10.11	

Mais depuis que nous avons publié le travail précité, nous avons remarqué que, outre le nœud d'enrichissement maximum qui se trouve à cheval sur les concessions du Horloz et de Gosson-Lagasse, il y a

encore un autre nœud secondaire d'enrichissement qui se trouve dans la concession de Baldaz-Lalore et qui est séparé du nœud principal par une zone transversale d'appauvrissement de teneur en matières volatiles, zone dont l'axe de teneur minimum passe par les puits Romarin-Kessales et Grands-Makets-Concorde.

Ainsi, au Nord de la faille de Saint-Gilles, on constate les variations symétriques suivantes pour deux veines, en allant du point minimum vers le point maximum :

	Grands-Makets :	Champs-d'Oiseaux :	
Dure-Veine. . .	12.38	15.39	Mat. volat.
	10.40	2.23	Cendres.
Grande-Veine . .	12.56	14.01	Mat. volat.
	4.44	2.72	Cendres.

Au Sud de la faille de Saint-Gilles, la position du nœud de teneur maximum se déduit aisément de la série suivante :

Veine Chaineux :

Artistes.	Baldaz.	Bon-Espoir.	
20.15	21.80	16.60	Matières volatiles.
5.10	5.05	6.00	Cendres.

C'est un fait d'ailleurs connu que les mêmes couches sont moins grasses aux Kessales qu'aux Artistes, moins grasses aux Artistes qu'à Baldaz.

§ 3.

Suivant une direction transversale au grand axe du bassin, les mêmes couches sont d'autant plus grasses qu'on se rapproche davantage du bord Sud du bassin. Les exemples de ce phénomène sont extrêmement nombreux, mais nous renvoyons au paragraphe suivant, où ces mêmes exemples peuvent servir pour illustrer un autre phénomène bien connu dans le bassin liégeois.

§ 4.

De part et d'autre des failles longitudinales qui traversent le bassin, les mêmes couches présentent des modifications profondes. Dans le bassin de Liége, une branche de veine située au Sud d'une faille est toujours plus grasse que la branche de la même veine située au Nord

de cette faille. C'est surtout la faille de Saint-Gilles qui montre le mieux cette dissymétrie, et il n'est pas rare de voir des couches ayant une teneur en matières volatiles de 5 degrés plus élevée au Midi qu'au Nord de la faille. C'est le cas au Horloz, par exemple. A cause de ce phénomène, si l'on suit une couche selon une droite transversale au grand axe du bassin et orientée, par conséquent, grossièrement Nord-Sud, on constate, en allant du Nord vers le Sud, qu'à chaque traversée de faille importante, une même couche devient de plus en plus grasse. C'est ce qui fait que les couches sont plus grasses en s'approchant du bord Sud du bassin, comme nous l'avons dit au paragraphe précédent.

Nous donnons ici deux exemples pour préciser le phénomène.

	Veine Houlleux.	Veine Hardie.
	Nord.	
Grands-Makets . .	Mat. vol. : 12.38 Cendres : 10.40	12.56 mat. vol. 4.44 cendres.
	Faille Saint-Gilles.	
Kessales	Mat. vol. : 17.46 Cendres : 4.53	17.46 mat. vol. 5.34 cendres
	Faille de Seraing.	
Espérance à Seraing.	Mat. vol. : 19.10 Cendres : 1.21	19.17 mat. vol. 17.45 cendres.
	Sud.	

Autre exemple :

Veine Grand-Marêt.	Nord.		
	Gosson . .	Mat. vol. .	12.93
		Cendres . .	?
		Faille Saint-Gilles.	
	Horloz . .	Mat. vol. .	16.20
		Cendres . .	3.21
		Faille Marie.	
	Horloz . .	Mat. vol. .	17.51
		Cendres . .	2.99
		Faille de Seraing.	
	Bois-d'Avroy.	Mat. vol. .	20.23
		Cendres . .	1.38
	Sud.		

§ 5.

Il arrive fréquemment qu'une veine à lits multiples présente des compositions chimiques différentes dans chaque lit. Le cas le plus extrême que je connaisse dans cet ordre d'idées m'a été communiqué par M. L. Nizet fils. La veine Hardie présentait au puits du Xhorré du charbonnage des Artistes-Xhorré, à l'étage de 480 mètres, à 1 800 mètres à l'Ouest du puits, deux lits, dont l'un titrait 24 °/₀ de matières volatiles et l'autre seulement 18 °/₀.

§ 6.

Il existe dans le bassin de Liége, interstratifiées au milieu des autres couches, des veinettes de combustibles particuliers qui se distinguent des couches qui les avoisinent tantôt par leurs caractères physiques, tantôt par leurs caractères chimiques, tantôt par les deux à la fois. MM. R. Malherbe, G. Dewalque et J. de Macar ont déjà depuis longtemps appelé l'attention sur ces veinettes, mais c'est surtout à un travail de M. Ad. Firket que nous devons nos connaissances précises sur ce sujet (1). En règle générale, les combustibles auxquels nous faisons allusion se distinguent par leur absence de clivage, leur cassure conchoïdale, leur légèreté, leur sonorité et leur éclat légèrement argenté. Presque toujours, ils se font remarquer par leur haute teneur en cendres et leur teneur en matières volatiles plus faible que celle des couches avoisinantes.

C'est assez dire que le rapprochement que l'on a souvent fait de ces combustibles avec le cannel-coal repose uniquement sur les caractères physiques et que bien souvent on se trouve en présence ou d'anthracite ou de pseudo-cannel-coal.

La veinette qui se trouve sous Grand-Marêt présente fréquemment ce combustible au Sud de la faille Saint-Gilles. C'est ce qui lui a fait donner le nom impropre de veine Cannel-Coal. Elle se montre avec ce caractère au Bois-d'Avroy, à Lahaye, au Horloz et, au Nord de la faille, à la Batterie. D'après M. Ad. Firket, voici quelle serait sa composition à Lahaye :

Matières volatiles . . .	11.56
Cendres	37.35

(1) Ad. Firket, *Sur quelques roches belges assimilées ou assimilables au cannel-coal anglais*. (Ann. Soc. géol. de Belgique, t. XX, 1893. *Mém.*, p. 107.)

Pour mémoire, nous dirons que la veine Grand-Marêt, qui est à 12 mètres au-dessus de cette veinette, a en cet endroit la composition suivante :

Matières volatiles . . .	17.00
Cendres	2.25

M. Firket signale encore la trouvaille d'une veinette semblable située au-dessus de Délyée-Veine au Grand-Bac du Bois-d'Avroy et ayant $0^{m}25$ de puissance. Elle avait la composition suivante d'après M. Firket :

Matières volatiles . . .	16.83
Cendres	42.22

Dans ce cas, la teneur en matières volatiles est la même que celle des couches voisines.

Une troisième veinette semblable se trouverait, d'après M. Firket, au-dessus de la veine Wicha, au puits de Tilleur du Horloz. Sa composition serait :

Matières volatiles . . .	12.31
Cendres	16.29

Dans cette région, la veine Houlleux, qui est au-dessus de cette veinette, titre 17.06 °/₀ de matières volatiles, et la veine Wicha, qui est en dessous, titre 16.87 °/₀.

En outre de ces veinettes que nous venons de signaler, il en existe d'autres dont le combustible se rapproche plutôt de l'anthracite, alors que les précédentes renfermeraient ce que M. Muck appelle le pseudo-cannel-coal. La plus typique de ces veinettes s'observe au charbonnage de Patience-Beaujonc, à l'étage de 245 mètres Nord du puits Beaujonc, à 50 mètres normalement sous la veine Quatre-Pieds. Cette veinette renferme un lit de véritable anthracite qui aurait la composition suivante, d'après l'analyse faite par M. V. Firket (*Recherches sur quelques méthodes d'analyse des charbons* [ANN. DES MINES DE BELGIQUE, t. I, 1896, p. 273]) :

Eau à 100°	1.54
Cendres	4.62
Hydrogène	3.37
Carbone	86.51
Soufre, oxygène, azote. . . .	4.16
Matières volatiles	7.84

Nous avons constaté la présence d'une veinette semblable, sous la Grande-Veine de Cortils (Blanche-Veine), au puits de la Batterie, étage Nord de 194 mètres.

L'existence de ces combustibles spéciaux nous amène à dire un mot de ces roches appelées dans le pays de Liége « briha » ou « croha » et qui sont revenues si souvent sous notre plume. Ces roches ne sont autre chose que du schiste à texture extrêmement fine et compacte, imprégné de carbone et de matières volatiles. J'ai constaté que ces roches ont des teneurs en matières volatiles parfois très notables, quelquefois aussi élevées que celles des veines qu'elles accompagnent, et ces teneurs varient comme les couches elles-mêmes. Là où les couches sont pauvres en matières volatiles, ces roches le sont aussi, et vice versa.

Comme exemple de teneurs en matières volatiles, nous citerons le briha au toit de la veine Trois-Poignées au puits Bon-Buveur des Kessales. Nous y avons constaté 13.50 % de matières volatiles. Nous avons déjà rappelé que dans l'avaleresse du puits n° 1 du Gosson, on a recoupé, sous la veine Cinq-Pieds, une veinette de croha titrant 33 % de matières volatiles. Ce croha étant riche en sidérose, une bonne partie de ces matières volatiles doit être formée d'anhydride carbonique. Néanmoins, cette teneur n'en reste pas moins tout à fait exceptionnelle.

§ 7.

Pour permettre d'apprécier complètement la constitution chimique des charbons liégeois, il me reste encore à donner quelques chiffres concernant la composition élémentaire de ces charbons, car jusque maintenant nous nous en sommes tenu exclusivement à la composition immédiate de ces charbons.

N° 1. Grande-Veine-des-Dames au charbonnage d'Abhooz.
N° 2. Veine Quatre-Pieds de Valentin-Coq.
N° 3. Grande-Veine du puits Grands-Makets de la Concorde.
N° 4. Veine Cinq-Pieds (laye supérieure) de la Grande-Bacnure.
N° 5. Dure-Veine du puits de Tilleur du Horloz.
N° 6. Veine Harbotte du puits Héna de Bon-Espoir.
N° 7. Veine Chaineux de Baldaz-Lalore.

<table>
<tr><th>Nos.</th><th>MATIÈRES VOLATILES.</th><th>CENDRES.</th><th>CARBONE.</th><th>HYDROGÈNE.</th><th>OXYGÈNE ET AZOTE.</th><th>SOUFRE.</th><th>EAU.</th></tr>
<tr><td>1</td><td>5.55</td><td>13.06</td><td>82.12</td><td>1.81</td><td colspan="2">2.15</td><td>0.56</td></tr>
<tr><td>2</td><td>10.14</td><td>3.24</td><td>90.64</td><td>2.01</td><td colspan="2">3.89</td><td>0.21</td></tr>
<tr><td>3</td><td>12.56</td><td>4.44</td><td>86.80</td><td>3.67</td><td>3.14</td><td>0.95</td><td>1.00</td></tr>
<tr><td>4</td><td>14.54</td><td>11.37</td><td>75.38</td><td>3.69</td><td>3.45</td><td>5.12</td><td>0.99</td></tr>
<tr><td>5</td><td>16.56</td><td>2.37</td><td>89.69</td><td>4.40</td><td>1.74</td><td>0.85</td><td>0.95</td></tr>
<tr><td>6</td><td>19.00</td><td>7.50</td><td>81.49</td><td>4.60</td><td colspan="2">6.10</td><td>0.31</td></tr>
<tr><td>7</td><td>21.80</td><td>5.03</td><td>86.01</td><td>4.42</td><td>2.34</td><td>3.33</td><td>0.98</td></tr>
</table>

Pour terminer, nous ajouterons que nous avons emprunté les matériaux qui nous ont servi pour cette troisième partie de notre travail aux sources suivantes :

1° Analyses publiées par la Commission des procédés nouveaux (*Ann. trav. publics*, 1846-1847-1848).

2° Analyses publiées par J. de Macar (*Bull. Ass. Ing. de Liége*, 1876).

3° Analyses inédites de la Commission pour l'exportation des charbons belges, 1886.

4° Analyses communiquées par des exploitants.

5° Analyses personnelles.

QUATRIÈME PARTIE.

Synchronisme du bassin de Liége avec celui de Charleroi.

Maintenant que nous sommes en possession de données nombreuses sur la stratigraphie et sur la faune du bassin liégeois, nous allons les comparer avec celles que nous avons recueillies précédemment sur le bassin de Charleroi. Comme nous avons déjà eu l'occasion de le dire plus haut, ce fut là le but principal que nous poursuivîmes en récoltant les matériaux dont se compose le présent travail.

Ce n'est pas la première fois que semblables tentatives de synchronisme ont vu le jour, mais, malheureusement, elles furent toujours partielles et isolées, faute sans doute de bases scientifiques suffisantes. Pendant la période de 1874 à 1881, lorsque, d'une part, A. Briart et J. Faly, et, d'autre part, R. Malherbe, Ad. Firket, G. Hock, G. Dewalque mirent en évidence les caractères de l'étage inférieur du Houiller, le Namurien, d'un côté pour le bassin du Hainaut, de l'autre pour le bassin de Liége, tout le monde fut d'accord pour admettre le synchronisme de part et d'autre. Ces idées trouvèrent leur consécration définitive dans le travail que fit paraître, en 1881, J. Purves sur l'ensemble du Houiller inférieur de Belgique.

Mais pour le Houiller proprement dit, il n'y a absolument qu'un seul essai de synchronisme à signaler, c'est celui que produisirent MM Kersten et H. Bogaert, en 1899, dans un travail (1) où ils affirmèrent la synonymie des veines Stenaye et Désirée du bassin de Liége, respectivement avec les veines Gros-Pierre et Léopold du pays de Charleroi. Je m'empresse de déclarer que mes recherches n'ont fait que confirmer cette affirmation. Après ce court historique de la question, je vais pas

(1) J. KERSTEN et H. BOGAERT, *Bassin houiller de Liége. Étude sur le gisement inférieur à la veine Désirée.* (ANN. DES MINES DE BELGIQUE, t. IV, 1889.)

à pas examiner ce que l'on peut dire au point de vue de la synonymie détaillée des strates des deux bassins. Je commencerai cette étude par la base du Houiller.

Étage namurien.

Je ne reviendrai pas sur la question de la contemporanéité du poudingue houiller et de l'assise de Chokier dans les deux bassins : ce sont là des questions vidées à suffisance. Je me bornerai à signaler quelques faits de détail. Dans mon travail sur le bassin d'Andenne, j'ai déjà insisté sur le rapprochement à établir entre le grès de Salzinnes et celui de Neufmoulin. Si l'on admet ce rapprochement, il devient vraisemblable que la veine Calvaire de la Basse-Sambre serait la veine Six-Mai du bassin d'Andenne et la veine Chandelle de Bon-Espoir ainsi que la Veine-au-Grès de Baldaz-Lalore. De même, on pourrait tabler aussi sur la synonymie de la veine Fort-d'Orange de la Basse-Sambre avec la veine inexploitable d'Andenne et la Veine-au-Grès de Bon-Espoir, comme aussi avec la Veine-aux-Terres de Baldaz. On ne peut cependant signaler à l'appui de ces rapprochements aucun fait lithologique ou faunique précis, mais néanmoins la ressemblance des séries stratigraphiques est suffisante pour le motiver. Nous ajouterons que, dans l'ensemble, la faune du Namurien est bien la même à Charleroi qu'à Liége, c'est-à-dire entièrement marine. Les mêmes individus se retrouvent aussi de part et d'autre. Cependant l'assise de Chokier montre dans le pays de Liége un facies plus pélagique avec ses rognons calcaires à Céphalopodes, et je n'ai pas pu retrouver, à Liége, les calcaires et surtout les calcaires à crinoïdes si caractéristiques du Houiller carolorégien.

Étage westphalien.

Assise de Chatelet.

Comme point de ressemblance entre les deux bassins au point de vue de cette assise, on peut citer les faits suivants :

1° Entre la veine Léopold et le poudingue houiller, on connaît, dans le pays de Charleroi, une veinette (1) dont le toit pyriteux est bondé

(1) Renseignée par erreur page 48 de mon travail sur le bassin de Charleroi comme niveau n° 65. En réalité, c'est le niveau 65bis.

de fossiles marins (*Goniatites*, *Aviculopecten*, *Orthoceras*). C'est le niveau n° 65bis de mon travail sur le bassin de Charleroi, rencontré notamment au charbonnage d'Oignies-Aiseau. Dans le bassin de Liége, et exactement à la même position, il existe, au charbonnage d'Abhooz, une veinette (1) dont le toit également pyriteux possède une faune complètement identique. La ressemblance de part et d'autre est absolument frappante à tous égards.

2° La veine Léopold de Charleroi et la veine Grande-Pucelle de Liége (considérée dans la région de Flémalle-Awirs) montrent la ressemblance la plus complète au point de vue des caractères lithologiques du toit et de la faune de ce toit. Il serait impossible de distinguer ces deux veines si l'on considère la première aux charbonnages de la ville de Châtelet et la seconde au charbonnage de Bon-Espoir.

3° Dans la Basse-Sambre, il existe, sous la veine Léopold, une veinette persistante appelée Veine-à-Cloux, qui repose directement sur un grès très dur et dont le toit est rempli de débris de poissons. Depuis la publication de mon travail sur le bassin de Charleroi, j'ai constaté aussi que ce toit était très riche en *Carbonicola*. (Niveau n° 64*a* du travail sur Charleroi.) La même veinette existe aussi, reposant sur du grès, dans le bassin de Liége (niveau n° 101), également avec des *Carbonicola* au toit.

4° Je ne connais pas, dans le pays de Charleroi, les équivalents des niveaux nos 102, 103 et 104 de Liége, mais je ferai remarquer que les poissons du genre *Cœlacanthus*, si abondants dans le toit de la Veine-à-Cloux, se retrouvent aussi dans ces trois niveaux liégeois en grande abondance. La région correspondante du pays de Charleroi paraît être plus marine, comme l'indique la fréquence de la *Lingula mytiloides*, que j'ai d'ailleurs aussi trouvée à ce niveau à Baldaz-Lalore.

5° Le point de ressemblance le plus parfait, le plus étonnant même, dirai-je, qu'il y ait dans tout le Houiller des deux bassins est constitué par la veine Sainte-Barbe de Floriffoux de Charleroi et la veine Chenou (Hawy) du bassin liégeois. Impossible de rêver plus complète identité entre deux veines que celle que l'on constate entre la veine Sainte-Barbe de Floriffoux du charbonnage de Falizolle, par exemple, et la veine Hawy du charbonnage de Bon-Espoir. Même quartzite blanc vitreux identique au Gannister anglais dans le mur. Même propension de la veine à une allure en chapelet qui permet rarement de l'exploiter. Même toit noir fissile à rayure foncée. Mêmes nodules calcaires dans

(1) Niveau n° 106 du travail sur le bassin de Liége.

ce toit, nodules remplis de *Goniatites*, *Orthoceras*, etc. Mêmes fossiles souvent remplis d'une belle anthracite miroitante et mordorée. Le seul fait de cette ressemblance suffirait pour pouvoir synchroniser toute la série houillère qui avoisine ce niveau, dont l'importance est encore accrue par ce fait qu'il se retrouve, exactement avec les mêmes caractères, dans tout le bassin houiller de Herve, constituant ainsi, par sa netteté et son extension, le repère le plus précieux du Houiller.

6° La stampe comprise entre la veine précédente et le sommet de l'assise se fait remarquer de part et d'autre par la présence de plusieurs niveaux à poissons.

7° Un trait commun aux deux bassins et qui est de la plus haute importance, c'est que c'est dans cette assise et presque au même niveau qu'apparaissent en abondance les Mollusques du genre *Carbonicola* et genres alliés, si caractéristiques de la faune houillère. C'est aussi dans cette assise que l'on voit cette faune nouvelle entrer en mélange intime avec une faune marine, et enfin c'est dans cette assise, et presque au même niveau dans les deux bassins, que la faune marine disparaît, et cela pour longtemps.

8° J'ai été frappé de voir dans les deux bassins se reproduire un caractère paléontologique commun, je veux parler de l'abondance des restes de poissons du genre *Cœlacanthus*. Dans le bassin de Liége, on les observe avec une grande fréquence au-dessous de la veine Grande-Pucelle dans plusieurs des veines ou veinettes qui se trouvent à cet horizon. Il en est de même dans le bassin de Charleroi, au-dessous de la veine Léopold. Aussi, on peut dire que ce genre de poisson caractérise la partie moyenne de l'assise de Châtelet.

9° Enfin, nous citerons, comme dernier cas de similitude, le fait de la stérilité relative de cette assise, la moins bien dotée au point de vue de la proportion de charbon exploitable. A Charleroi comme à Liége, il n'y a, en effet, dans cette assise, qu'une seule veine qui soit exploitable avec persistance et puissance notable.

La stampe de 200 mètres (plus ou moins) qui forme le sommet de l'assise de Châtelet, complètement dépourvue de couches exploitables, représente d'ailleurs un trait frappant de la constitution stratigraphique des deux bassins en question. Nous en prouverons encore mieux l'importance en disant qu'elle existe aussi dans le bassin de Herve et, par delà la frontière, dans le bassin de la Wurm et du Limbourg hollandais. A l'autre côté du bassin, on la retrouve dans le Centre et dans le bassin de Mons. En voilà assez, croyons-nous, pour lui donner sa juste valeur. L'existence de cette stampe stérile et d'autres encore du

bassin liégeois viendra à point, plus tard, lorsque l'on voudra synchroniser ce bassin avec celui de la Campine, où plusieurs stampes stériles sont déjà dès maintenant reconnues.

Assise de Charleroi.

Nous continuerons, comme nous venons de le faire, à énumérer les traits de ressemblance que nous rencontrerons en nous élevant dans la série des couches :

1° Dès le premier pas que nous faisons dans ce chapitre, nous rencontrons un point de repère des plus remarquables dans les deux bassins. C'est la veine Gros-Pierre de Charleroi, la veine synonyme de la Stenaye de Liége. Entre ces deux veines existe une analogie des plus frappantes. Toutes deux reposent sur un banc puissant de grès très dur et très persistant. Toutes deux sont des veines à grand rendement. Toutes deux ont un toit dont les variations fauniques et lithologiques sont absolument symétriques. En effet, toutes deux, en s'avançant vers le bombement de Samson, présentent un toit de schiste noir, doux, feuilleté, riche en débris de poissons, tandis qu'en s'écartant de ce bombement, ce toit devient psammitique et dépourvu de restes animaux. La veine se poursuit avec ses caractères jusque dans le bassin de la Wurm et du Limbourg hollandais, où, sous le nom de Steinknipp, elle est reconnaissable au grès puissant de son mur, qui lui a valu son nom.

2° Le repère précédent voit encore sa valeur s'accentuer à cause de la similitude complète que présentent les deux bassins par l'existence d'une veinette en relation avec la veine précédente et dont les allures curieuses sont absolument comparables de part et d'autre. Je veux parler de la veinette appelée, à Liége, Petite-Dure ou Bachay, et à Charleroi, Veiniat-de-Gros-Pierre. A Liége comme à Charleroi, cette veinette est souvent immédiatement contre la veine sous-jacente avec laquelle elle est exploitée, sans cependant se confondre complètement avec elle, car elle en reste séparée par des intercalations terreuses. Tantôt, au contraire, la veinette s'écarte de la veine principale jusque 15 mètres au-dessus, et cela à des distances très rapprochées des points où elle est en conjonction avec la veine. Quand cette séparation se produit, c'est la veinette qui emporte avec elle le toit de la veine et les fossiles qu'il renferme, mais il arrive parfois que les deux veines ont, simultanément, le même genre de toit et les mêmes fossiles.

Enfin, il n'est pas jusqu'au combustible de la veinette qui ne se fasse

remarquer partout par sa composition exceptionnellement riche en soufre.

3° Les groupements nos 52 et 53 (Charleroi) et nos 82 et 83 (Liége) sont bien certainement synchrones. Il y a seulement interversion au point de vue de la puissance en charbon. A Liége, c'est toujours la veine supérieure qui est exploitable. A Charleroi, c'est toujours l'inférieure. Mais, à part cela, des deux côtés c'est la veine inférieure qui a un niveau fossilifère remarquable, persistant et riche en individus, dans des roches de toit généralement identiques. Par contre, le niveau supérieur de part et d'autre est le plus souvent pourvu d'un toit gris à restes végétaux.

4° Je n'ai pu retrouver dans le bassin de Liége les roches du toit qui donnent à la veine Anglaise de Charleroi une importance si considérable comme horizon de reconnaissance.

5° La veine Malgarnie de Liége et la veine Dix-Paumes de Charleroi sont toutes deux des veines de tout premier ordre. Toutes deux présentent un toit par places coquillier, par places riche en beaux débris végétaux. Toutes deux peuvent être compactes ou posséder au-dessus une veinette en relation avec elles et qui est souvent plus fossilifère que la veine.

6° Par sa puissance, ses caractères lithologiques, ses variations symétriques, le grès de Flémalle se montre avec certitude comme l'équivalent du grès de Ham du bassin de Charleroi. Tous deux nous donnent, par le caractère grossier et feldspathique de leurs éléments, la preuve du retour dans les deux bassins, des conditions qui ont donné naissance au poudingue houiller. Comme nous l'avons signalé dans un précédent travail (1), ils augmentent tous deux de puissance et de volume des éléments en s'avançant vers le bombement de Samson. Nous voyons dans ce fait la preuve que ce bombement, qui avait déjà commencé à se dessiner lors de l'époque du poudingue houiller, s'est accentué de nouveau. La similitude absolument remarquable que nous avons constatée jusque maintenant dans les strates houillères des deux bassins prouve à l'évidence que, jusqu'à la formation du grès de Flémalle, la division en bassin de Liége et du Hainaut n'existait pas, quoiqu'il y eût cependant une ébauche de séparation dans la région de Samson. Mais à partir du grès de Flémalle, la similitude cesse de se

---

(1) Cf. X. Stainier, *Des relations génétiques entre les différents bassins houillers belges*. (Ann. des Mines de Belgique, t. IX, 1904, p. 32.)

montrer avec un caractère d'évidence qui l'impose à notre conviction. On ne constate plus que des ressemblances lointaines. Sans vouloir affirmer que la séparation s'est produite tout à fait, on peut cependant légitimement penser que les communications se sont fortement restreintes. On peut, en effet, attribuer les traits de ressemblance que l'on constate encore entre les deux bassins au fait que ceux-ci, placés encore après la séparation dans des conditions semblables, ont continué à évoluer parallèlement.

C'est sous le bénéfice de ces réserves que nous allons signaler les points qui, dans les deux régions, nous paraissent encore homologues. Comme nous le verrons, ils ne sont plus suffisants pour que l'on puisse les considérer comme des preuves évidentes de synchronisme.

7° La stampe qui s'étend du grès de Flémalle à la veine Houlleux présente bien, dans son ensemble, les mêmes caractères et la même puissance que celle qui, à Charleroi, va du grès de Ham à la veine Caillette. Dans cette hypothèse, le groupe Caillette-Hermite serait synonyme du groupe Houlleux-Wicha de Liége. Ces deux stampes, en effet, montrent la même variabilité. Tantôt elles renferment un grand nombre de veines exploitables, tantôt ces veines se transforment en veinettes nombreuses et sans valeur. Lorsqu'il y a des veines, celles-ci varient énormément. L'horizon de grès puissant, mais très local, du toit de la veine Caillette serait le correspondant du grès remarquable au toit de Houlleux.

8° La veine Quérelle de Charleroi, avec son accompagnement de grès et son toit très psammitique, pourrait peut-être représenter le Grand-Marêt de Liége, ce que semble aussi indiquer l'épaisseur des stampes.

9° Deux veines qui me paraissent assez probablement contemporaines, c'est la veine Béguine de Liége et la veine Cense de Charleroi. Toutes deux sont tantôt des veines remarquables par leur exploitabilité fructueuse, tantôt des veinettes. Toutes deux reposent directement sur un des grès les plus durs du Houiller. En se plaçant dans cette hypothèse, favorisée aussi par l'épaisseur des stampes, le correspondant du niveau marin liégeois de la veine Grand-Bac devrait être recherché à Charleroi au toit de la Veine-à-Cloux. L'aspect des roches, les fossiles que j'ai déjà trouvés au-dessus de cette veine, me paraissent donner une grande probabilité à cette hypothèse. Aussi je vais prochainement diriger mes recherches dans ce sens, car il y aurait le plus grand intérêt à retrouver, dans le pays de Charleroi, le niveau marin en question. Les considérations que nous venons d'émettre, en précisant

aux environs de la Veine-à-Cloux la zone de recherches, faciliteront beaucoup celles-ci.

10° Les curieuses modifications et bifurcations de la veine Broze de Charleroi nous paraissent un motif de la rapprocher de la veine Gosmin ou Blanche-Veine de Liége, qui présente les mêmes allures et la même variation dans la puissance, tout en restant, comme Broze, une des belles veines du bassin.

11° Je ne connais pas, à Charleroi, d'équivalent du grès remarquable situé, à Liége, au-dessus de la Veine Marêt.

12° En se basant sur le caractère des stampes, au point de vue de leur épaisseur surtout, on peut essayer de comparer le groupe Grande-Veine, Pestay, Rosier et Pawon de Liége au groupe Masse, Droit-Jet, Sablonnière et Gennaux de Charleroi. D'ailleurs, le faisceau de la Sablonnière de Charleroi présente beaucoup de ressemblance avec la base de celui de Saint-Gilles par la présence de nombreuses et belles couches de charbon.

Enfin, au point de vue de l'ensemble des strates houillères des deux bassins, la comparaison des deux tableaux que j'ai donnés à la fin du résumé lithologique pour chaque bassin, cette comparaison, dis-je, met en relief des analogies remarquables.

Au point de vue de la proportion de charbon total dans l'ensemble des roches, il y a concordance étonnante pour l'assise de Charleroi, de Châtelet et d'Andenne.

Le Houiller moyen est plus épais à Liége qu'à Charleroi, et le contraire est vrai pour le Houiller inférieur. Il y a plus de couches exploitables à Liége qu'à Charleroi, mais les veines sont un peu plus épaisses à Charleroi.

Quant aux autres roches, il y a proportionnellement plus de grès à Charleroi qu'à Liége. Dans le premier bassin, il y a environ 3 mètres de schiste pour 1 mètre de grès; dans le second, il y a 4 mètres de schiste pour 1 mètre de grès.

CINQUIÈME PARTIE

Synchronisme du bassin de Liége avec les bassins de l'étranger.

Dans les pages qui précèdent, nous venons de montrer combien grande est la similitude des strates du bassin de Liége avec celles de Charleroi. Or, dans notre travail sur la stratigraphie du bassin de Charleroi, nous avons prouvé la ressemblance étroite qui existe entre ce bassin de Charleroi et les bassins de Westphalie et du centre de l'Angleterre (bassin du Lancashire spécialement). Il en résulte donc que nous pouvons étendre cette ressemblance également au bassin liégeois. De plus, la similitude entre les deux bassins belges, similitude à laquelle nous faisions allusion plus haut, vient encore fortifier nos conclusions par rapport aux bassins de l'étranger. C'est par le pays de Liége, en effet, que la liaison du bassin de Charleroi avec les bassins étrangers précités doit s'être produite. En montrant donc la persistance dans cette direction des conditions qui prévalent dans le pays de Charleroi, nous montrons la probabilité plus grande d'une extension de ces conditions jusqu'en Westphalie, d'une part, et en Angleterre, de l'autre.

Mais la découverte, au beau milieu du bassin de Liége, d'un niveau marin encore inconnu dans le pays de Charleroi va nous permettre d'ajouter quelques considérations intéressantes sur le synchronisme avec l'étranger. Dans plusieurs de nos travaux sur le Houiller, nous avons rappelé un fait intéressant de la distribution des faunes marines en Westphalie et dans le Lancashire. Dans ces deux pays, comme chez nous, les faunes marines dominent exclusivement à la

base du Houiller, puis se mélangent à des genres à conditions biologiques différentes, tels que les *Carbonicola* (*Anthracosia*), puis disparaissent avant la formation des couches réellement productives et abondantes du Houiller. Après une longue éclipse, ces fossiles marins réapparaissent, mais une seule fois, beaucoup plus haut, en plein Houiller productif, pour disparaître, définitivement cette fois. Cette réapparition tardive est bien établie dans la Westphalie, où elle produit un niveau fossilifère bien connu et très continu au toit de l'importante veine directrice appelée Catharina, qui sépare les charbons gras des charbons à gaz. En Lancashire, semblable réapparition a été constatée à Ashton-under-Lyne, presque au sommet des *Middle coal measures*. Mais, jusque maintenant, pareil fait n'avait jamais été observé en Belgique. Il y a déjà longtemps cependant que le regretté L. Piedbœuf, en faisant connaître à la Société géologique de Belgique l'existence du niveau fossilifère en question, avait montré l'intérêt qu'il y aurait à le retrouver en Belgique.

La découverte en plein centre du bassin liégeois du niveau marin n° 41, que j'ai rencontré au toit de la veine Grand-Bac, semble répondre, en partie, à son desideratum.

En effet, ce niveau marin présente des ressemblances partielles avec celui de la veine westphalienne susdite. Celui-ci, en effet, se montre d'habitude avec les caractères suivants : Immédiatement contre la veine, on observe un schiste noir rempli de coquilles marines (*Aviculopecten, Goniatites, Orthoceras*, etc.). Au-dessus et sans aucune discordance apparaissent de nombreux représentants du genre *Carbonicola*. La même dualité se remarque dans le niveau belge, où, sur la veine, on observe aussi un niveau marin surmonté, sans interruption, de nombreuses *Carbonicola*. Ajoutons que le niveau anglais n'a fourni jusque maintenant que des fossiles marins.

Mais après avoir signalé les connexions entre le niveau belge et ceux de l'étranger, il nous reste à exposer les différences. Tandis que, à l'étranger, ce niveau est constitué par des animaux franchement marins et mêmes pélagiques, je n'ai encore trouvé à cet horizon, en Belgique, que des *Lingula mytiloides*. De plus, le niveau belge paraît beaucoup plus rapproché de la base du Houiller que les deux autres. En Westphalie, le niveau marin de la veine Catharina est juste à 1 000 mètres au-dessus du niveau marin le plus élevé du Houiller de la base, le niveau de la veine Schnellenschuss du district d'Oberhausen. En Lancashire, le niveau marin supérieur est à 980 mètres au-dessus du niveau

marin le plus élevé de la base du Houiller, celui de la veine *Upper mountain coal* (1).

En Belgique, le niveau marin supérieur n'est qu'à 550 mètres au-dessus du dernier niveau marin des strates inférieures liégeoises, celui de la veine Chenou.

Comme on le voit donc, le niveau belge est beaucoup plus près de la base du Houiller que les deux autres. Si l'on joint à cela la différence qu'il y a entre le niveau belge et les deux autres, au point de vue faunique, la probabilité de synchronisme de ce niveau belge avec les deux autres s'affaiblit beaucoup.

Antérieurement à la découverte de ce niveau belge, j'avais cherché à le retrouver à un horizon plus élevé du Houiller liégeois. Je fondais surtout beaucoup d'espoir sur la veine Petite-Veinette ou Cerisier (n° 10 de mon tableau). Cette veine est située à 900 mètres au-dessus de la veine Chenou, et la présence de nodules calcaires dans son toit me semblait annoncer des conditions de gisement particulières. Malheureusement, je n'ai pu observer cette veine qu'en un seul endroit limité, et non pas là où elle possède ces rognons calcaires au toit. On sait, en effet, que les couches les plus élevées de Belgique, déhouillées depuis longtemps, sont presque partout inaccessibles dans les travaux souterrains. Il faudra donc attendre, pour avoir la solution complète de ce problème, des circonstances plus propices à l'observation des strates les plus élevées de nos bassins. Peut-être le bassin de Mons offrira-t-il, à cet égard, des chances meilleures, à cause de la puissance plus grande du bassin.

(1) Je crois bon de faire observer que la position du niveau fossilifère d'Ashton-under-Lyne n'est pas connue avec certitude, car il n'a pas été observé au voisinage d'une veine reconnue, et il se trouve dans une région accidentée par quelques failles. Pour fixer la position de ce niveau, je me suis basé sur des renseignements obtenus de MM. J. Dickinson, G. Wild et C. Livesey, par l'entremise de mon ami M. M. Stirrup, secrétaire de la Société géologique de Manchester. C'est grâce à ces ingénieurs, qui possèdent le mieux la région en question, que j'ai pu fixer la position dudit niveau à environ 128 yards sous la couche *Worsley 4 feet,* qui est considérée par tout le monde comme étant au sommet des *Middle coal measures.*

NOTE

SUR

UNE ESPÈCE DE CERF D'AGE ICENIEN

(PLIOCÈNE SUPÉRIEUR)

CERVUS FALCONERI Dawk., trouvée dans les argiles de la Campine (1)

PAR

Eug. DUBOIS
Docteur ès sciences,
Professeur à l'Université d'Amsterdam,
Conservateur au Musée Teyler, à Harlem.

PLANCHE II

Le baron van Ertborn m'a envoyé, avec prière de les déterminer, deux fragments de bois de Cervidé (2) trouvés dans la briqueterie de M. le sénateur Cools, située à Ryckevoorsel, dans la Campine anversoise. Ils furent trouvés dans la même argilière, à la base du banc d'argile, d'âge moséen, d'après la carte géologique de Belgique, à 4 mètres environ sous le toit de ce banc. Ces argiles occupent toute la partie septentrionale de la Campine anversoise, au Nord du parallèle de Turnhout. M. van Ertborn présumait depuis longtemps, d'après des considérations d'ordre stratigraphique, que ces dépôts étaient d'âge pliocène supérieur. La détermination de l'espèce de Cervidé, sujet de cette notice, confirme pleinement cette manière de voir. En effet, le bois en ques-

(1) Présenté à la séance du 17 janvier 1905.

(2) Appartenant à l'État belge, *Musées royaux des arts décoratifs et industriels*, Parc du Cinquantenaire, Bruxelles.

tion appartient à un Cervidé de l'étage icenien, qui est, comme on le sait, une des divisions supérieures du Pliocène anglais.

Les deux fragments firent partie, apparemment, d'une seule et même perche, bois droit, jeté d'un Cervidé de petite taille, bois complet en principe, brisé lors de l'extraction, et dont la plus grande partie du merrain fut perdue à cette occasion. Il n'y a pas le moindre doute que ce bois ne fut *in situ*. Il n'a certainement pas été roulé à l'état fossile.

L'un des fragments est la partie inférieure du merrain, portant l'andouiller basilaire; l'autre est une partie du merrain, longue de 8 centimètres environ, portant l'andouiller supérieur. Il a perdu beaucoup de sa largeur par suite du bris de la plus grande partie du bord opposé. La longueur de la partie inférieure conservée du merrain, mesurée du cercle de pierrures à la première bifurcation, l'aisselle de l'andouiller basilaire (en y ajoutant quelques millimètres pour la perte de substance en cet endroit), est de 75 à 80 millimètres; sa circonférence minima, de 84 millimètres. Quant aux autres dimensions des fragments, que l'on veuille consulter les figures, reproductions exactes au quart de la grandeur naturelle (Pl. II, fig. 1 à 6).

En face de l'andouiller basilaire, la majeure partie du merrain a été détachée, en laissant une cassure elliptique, indiquant un aplatissement considérable (de 1 à 2) du merrain au-dessus de la première bifurcation. De plus, un tiers de la meule et la pointe de l'andouiller manquent. Ce dernier, à son insertion, est un peu restauré et, de plus, le fragment porte trois entailles, apparemment faites lors de son extraction de l'argile. Les surfaces des deux fragments, assurément originairement très lisses et parcourues seulement par de très faibles sillons, ont été fortement corrodées dans le sol, action qui doit avoir effacé beaucoup de détails du relief.

Par un effet analogue, le cercle des pierrures a été perforé en plusieurs endroits et même ouvert en deux points. L'autre fragment a subi la même corrosion : c'est grâce à elle que l'andouiller supérieur, déjà aplati de par sa nature, s'est aminci vers sa pointe, de telle manière qu'il est devenu quasi falciforme.

L'andouiller basilaire, de dimensions assez grandes, se détache du merrain sous un angle très ouvert, et la surface extérieure du merrain, à l'endroit où il donne naissance à l'andouiller, est nettement concave, ainsi qu'il ressort de la figure 2*a* de la planche II représentant, à la moitié de sa grandeur naturelle, le contour de sa section. L'andouiller basilaire, aplati près de son origine, devient bientôt parfaitement cylindrique.

L'autre andouiller, à peu près aussi long et aussi fort que le basilaire, est aplati sur toute sa longueur. Aussi la partie du merrain qui avoisine la fourche est très aplatie, de sorte que l'on peut estimer à 1 : 2 à l'état normal cet aplatissement au-dessous de l'andouiller. De ce qui reste du merrain au-dessus, il est apparent que celui-ci n'a guère pu se continuer que d'un bout égal à l'andouiller même, qui ainsi est manifestement l'andouiller supérieur. L'insertion de ce dernier se recourbe en sens inverse et de manière telle que les deux branches ayant été également fortes, elles durent former une vraie fourche.

Le bois de Cerf que je viens de décrire se distingue aisément de ceux des Cervidés du Quaternaire de l'Europe, dont la majorité survit en certaines régions. Chez *C. elaphus* et *C. canadensis*, *C. dama* et *Megaceros*, de même que chez *Rangifer*, l'andouiller basilaire prend naissance beaucoup plus près de la meule. De même aucun des fragments ne peut être assimilé à *Capreolus*. Au contraire, il y a plusieurs espèces de Cerf du Pliocène supérieur, dont l'andouiller basilaire, bien loin de toucher à la meule, comme dans les espèces modernes et quaternaires, naît aussi haut sur le merrain que dans notre fossile (1).

La comparaison détaillée avec les Cervidés du Pliocène fait voir que le bois de Cerf, trouvé dans l'argile de la Campine, à Ryckevoorsel, est en tout point comparable à ceux de *Cervus Falconeri* (2), décrits par M. Boyd Dawkins; de sorte que je n'hésite pas à l'identifier avec cette espèce de l'Icenien anglais.

Indubitablement, l'Argile de la Campine doit être rangée dans le Pliocène supérieur.

Quant à l'horizon précis qu'elle y occupe, vu que plusieurs espèces de mammifères de l'Icenien ont continué à exister pendant le Cromerien, il appartient à des découvertes ultérieures d'autres espèces dans l'Argile

---

(1) Les deux fragments de bois de Cerf trouvés dans une briqueterie située à 2 kilomètres au Nord de Vlimmeren, à $4^{m}25$ en dessous du toit de l'argile et figurés dans la préface d'*Anvers à travers les âges*, dans la notice intitulée : *Le sol d'Anvers et l'Escaut*, par MM. P. Cogels et O. van Ertborn, Bruxelles, 1886, p. XXII, se distinguent, par ce même caractère, du bois de Renne, auquel ils furent identifiés, et des autres espèces quaternaires. D'après ce que je puis en juger par les dessins, ils sont de *Cervus rhenanus*, espèce nouvelle que je viens de signaler de l'argile Cromerienne de Tegelen, près de Venlo, argile qui, d'après toutes les probabilités, n'est que la continuité de l'argile de la Campine.

(2) W. Boyd Dawkins, *On a new Species of Deer, from the Norwich Crag*. Quarterly Journal. Geol. Soc. London, vol. XXIV (1868), pp. 516 à 518, pl. XVIII, fig. 9-12.

de la Campine d'en décider. Il est probable aussi que l'Argile de Tegelen, la continuation orientale de l'Argile de la Campine, soit réellement un peu plus ancienne que le Cromerien, vu qu'elle contient une flore se composant, entre autres, d'espèces telles que *Vitis vinifera* L., *Staphylea pinnata* L., *Juglans tephrodes* Ung., *Magnolia* sp., *Stratiotes Websteri* Pot., *Taxodium distichum* Rich. et autres, absentes dans le Cromerien anglais et trahissant un climat doux ou montrant un caractère franchement tertiaire.

UN NOUVEL
OPERCULE TYMPANIQUE DE PLIOPLATECARPUS
Mosasaurien plongeur (1)

PAR

LOUIS DOLLO
Conservateur au Musée royal d'Histoire naturelle, à Bruxelles.

PLANCHE III.

1. Introduction. — Au mois d'Octobre dernier (2), j'ai fait connaître la *Membrane tympanique calcifiée* de *Plioplatecarpus,* que je reproduis ici (Pl. III, fig. 1 et 2).

Rapprochant cette disposition de la présence d'un *Canal basioccipital médian* chez le même Mosasaurien, — et de ce qu'on observe chez *Chelone mydas* et chez les *Cétacés,* — j'en ai conclu que *Plioplatecarpus* était un *Mosasaurien plongeur.*

Depuis, j'ai découvert un nouvel Opercule tympanique de *Plioplatecarpus* (Pl. III, fig. 3 et 4), et cette pièce est doublement intéressante, car :

1. — Elle démontre que la structure en question n'est nullement accidentelle (elle n'en avait pas l'apparence, d'ailleurs);

2. — Elle est visible par la face interne et nous permet, ainsi, de constater ses relations avec la Chaîne des Osselets de l'Ouïe, nous renseignant donc sur le mécanisme de l'Audition chez le Mosasaurien dont il s'agit.

---

(1) Mémoire présenté à la séance du 21 février 1905.

(2) L. DOLLO. *Les Mosasauriens de la Belgique.* BULL. SOC. BELG. GÉOL. (Bruxelles). 1904. Vol. XVIII. p. 210.

2. Les Osselets de l'Ouïe des Lacertiliens. — Rappelons, d'abord, en quoi consiste la Chaîne des Osselets de l'Ouïe des Lacertiliens (Pl. III, fig. 5), afin d'avoir un point de départ :

« Die *Columella auris* besteht aus einem innern, stabförmigen, knöchernen Theil, dem *Stapes,* dessen Basis in der Fenestra utricularis befestigt ist, und aus einem lateralen, hyalinknorpligen Theil, der sich mit dem Trommelfell verbindet und den ich mit Gadow *Extracolumella* nenne. »

« Diese beiden Stücke sind entweder durch ein straffes Gelenk oder durch Synchondrose verbunden. »

« Die Extracolumella besteht aus hyalinem Knorpel, der theilweise verkalken kann. »

« Sie hat einen stabförmigen Abschnitt, der vom Trommelfell bis zum lateralen Ende des Stapes reicht und den ich *Stiel* nenne, ferner einen zweiten, senkrecht auf ersterm entwickelten Abschnitt, welche die Verbindung mit dem Trommelfell vermittelt und den ich als ***Insertionstheil*** aufführe. »

« Vom medialen Ende des Stiels, welches etwas medial von dem leistenförmig in die Paukenhöhle vorspringenden Körper des Quadratums liegt und diesem beinahe berührt oder ihn auch wohl aufliegt, geht bei vielen Lacertiliern ein Fortsatz ab, der nach vorn und etwas dorsal zieht und dessen Ende der medialen Fläche des Körpers des Quadratums mittels dessen Periost verbunden ist. Der Fortsatz, ... den ich ***Processus internus*** nenne, steht meist etwa senkrecht zur Längsrichtung der Columella auris (1). »

3. Les Osselets de l'Ouïe de Plioplatecarpus. — I. — Jusqu'à présent, nous ne connaissons rien de la *Columelle* (Stapes) de *Plioplatecarpus.*

Mais elle était, sans aucun doute, ossifiée, comme elle l'est, d'ordinaire, chez les Lacertiliens.

II. — D'autre part, l'*Extracolumelle* de *Plioplatecarpus* nous est connue dans plusieurs de ses parties :

1. Son Apophyse quadratique (Processus internus, Versluys);
2. Son Expansion tympanique (Insertionstheil, Versluys).

1. — L'***Apophyse quadratique de l'Extracolumelle*** est ossifiée chez *Plioplatecarpus.*

---

(1) J. Versluys. *Die mittlere und äussere Ohrsphäre der Lacertilia und Rhynchocephalia.* Zool. Jahrb. (Anat. u. Ontog.). Vol. XII. 1898. pp. 164, 294, 303 et 304.

Je l'ai décrite, en 1888, sous le nom de « Suprastapédial », d'après la terminologie de W. K. Parker (1).

Elle se loge dans une Fossette bien connue du Quadratum, que j'avais appelée alors « Fossette suprastapédiale », et qu'il vaudrait mieux désigner, aujourd'hui, comme « Fossette extracolumellaire ».

2. — L'*Expansion tympanique de l'Extracolumelle* est, également, ossifiée chez *Plioplatecarpus*, et, de plus, soudée à la Membrane tympanique calcifiée (Pl. III, fig. 3 et 4).

III. — Quelle est, maintenant, la *Signification physiologique* de cette *Surossification* de la *Chaîne des Osselets de l'Ouïe* chez *Plioplatecarpus?*

Je ne parle pas, en ce moment, de la *Membrane tympanique calcifiée.* Nous savons que c'est une *Adaptation pour plonger.*

Mais pourquoi l'*Extracolumelle*, habituellement cartilagineuse, ou tout au plus partiellement calcifiée, est-elle, dans ce cas, *entièrement ossifiée?*

4. L'Audition chez les Cétacés. — Pour le comprendre, étudions la structure et le fonctionnement de l'appareil auditif chez les Cétacés, — qui représentent, parmi les Mammifères, l'Adaptation à la Vie pélagique, — comme les Mosasauriens représentent, parmi les Reptiles, une des Adaptations à la Vie pélagique.

« *Vergleichen wir nun, um die Wichtigkeit des Gehörs für den Wal zu begreifen, die Sinnesorgane des Wales mit den Sinnesorganen des Fisches,* des höchst organisirten autochthonen — sit venia verbo — Wasserthiers : Der Fisch hat einen ausgezeichneten Olfactorius, dem Zahnwal ist er zu Grunde gegangen, und dem Bartenwal ist er im Begriff zu Grunde zu gehen, weil der Olfactorius der Säugethiere im Wasser suspendirte Riechstoffe nicht riechen kann. Das Auge des Fisches und des Wales kann man als gleichwerthig betrachten, denn das Auge des Wales hat sich vorzüglich dem Wasser angepasst, es ist fischähnlich geworden. Der Fisch hat ein ausgedehntes, hoch entwickeltes Hautsinnesorgan, das Seitenorgan, das wahrscheinlich der Empfindung der Erschütterung des Wassers dient. Der Wal hat in seiner Haut nach Untersuchungen von Kükenthal nur sehr wenige Nerven und empfindet selbst sehr unsanfte Berührungen sehr wenig, was unter anderm aus dem eben gegebenen Bericht des Capitäns des « August » hervorgeht. *So dürfte also der Wal den ihm abhanden gekommenen Geruchsinn und den*

(1) L. Dollo. *Sur le Crâne des Mosasauriens.* Bull. scient. Giard. Vol. XIX. 1888. p. 1.

nur schlecht entwickelten Hautsinn durch seinen vollkommnen, dem Wasserleben angepassten Gehörsinn ersetzen. Auge und Ohr, das sind die Sinnesorgane, mittels deren der Wal im Wesentlichen sich über seine Umgebung orientirt, und da bei dem Dämmerzustand, welcher im Wasser herrscht, das Auge der Wasserthiere nicht entfernt die Wichtigkeit hat wie das Auge der Landthiere, so müssen wir sagen, *das Ohr ist für den Wal das wichtigste Sinnesorgan.* »

« *Bei dieser Unsicherheit der Beobachtung am lebenden Thier sind nun unsere anatomischen Kenntnisse des Walohres doppelt werthvoll für die Beurtheilung des Gehörs dieser Thiere :* Die Schalleitung ist in eclatanter Weise dem Wasser angepasst durch die akustische Isolirung des Labyrinths, durch die Einrichtung des Schalltrichters, durch die Verbesserung der Schalleitung in der Gehörknöchelchenkette, durch die Verbesserung der Reflexion im Vorhof. Der Schall percipirende Apparat ist gut entwickelt. Mit diesen Apparaten ausgerüstet, muss der Wal hören. Hörte er nicht, dann wäre schliesslich auch der Umbau des Schalleitungsapparats gar nicht erfolgt, und der Schall percipirende Apparat wäre untergegangen. »

« Der Wal hat einen nahezu obliterirten Gehörgang. Das Lumen, welches gegen das Trommelfell zu noch vorhanden ist, ist mit abgestossenen Gehörgangsepithelien ausgefüllt. Dem Trommelfell ist daher die Möglichkeit, durch Schallwellen nennenswerth bewegt zu werden, entzogen. »

« *Dagegen ist der andere Weg, die Gehörknöchelchenkette, nicht nur nicht reducirt, wie man es erwarten müsste, wenn ihre Bedeutung beim Wal durch die Ankylose eine nebensächliche geworden wäre, sondern in progressiver Weise entwickelt. Die Gehörknöchelchen sind bei weitem grösser und compacter als bei den Landsäugethieren; es ist das Gewicht der Knöchelchen bei Phocaena (Länge des ausgewachsenen Thieres : 1, 5-2, 0 m) nach* HENNICKE *nahezu 5 Mal so gross wie beim Menschen und nahezu 3 Mal so gross wie beim Pferd. Diese progressive Entwicklung der Gehörknöchelchen beim Wal bedeutet geradezu eine Durchbrechung des Princips der starken und allgemeinen Reduction des Knochenskelets zur Erleichterung des specifischen Gewichts. Sie muss daher eine besondere Bedeutung haben. Diese Bedeutung kann nur darin bestehen, die Schalleitung zum ovalen Fenster zu verbessern, und das führt uns zu dem Schluss, dass beim Wal für die Erregung der Endzellen des Nervus cochlearis die Eintrittstelle der Schallwellen in das Labyrinth keine gleichgültige sei, dass vielmehr das ovale Fenster als die günstigste Eintrittstelle zu betrachten sei.* »

« Die Schalleitung in der Gehörknöchelchenkette ist eine *moleculare.* »

« Der Wal vermag in ungeheure Tiefen zu tauchen, bis zu 1000 m hinab, wie das feststeht. (1) »

5. L'Audition chez Plioplatecarpus. — 1. La *Membrane tympanique calcifiée,* donc incapable de vibrer (Convergence avec les Cétacés);

2. L'*Extracolumelle ossifiée,* donc la Surossification des Osselets de l'Ouïe (Convergence avec les Cétacés);

3. Le *Quadratum bulloïde* (Convergence avec la Caisse tympanique des Cétacés);

montrent que l'*Appareil auditif* de *Plioplatecarpus* a subi une *Adaptation* pour *entendre comme chez les Cétacés,* — non plus par l'intermédiaire d'une Membrane tympanique vibrante, — mais par une conduction moléculaire, au moyen d'une Bulle osseuse compacte et d'une Chaîne interfenestrale osseuse et compacte aussi, et que *Plioplatecarpus* est bien un *Mosasaurien plongeur,* — puisque c'est pour pouvoir plonger à des profondeurs parfois considérables que les Cétacés ont perdu l'Audition ordinaire et ont acquis un Organe de l'Ouïe fortement transformé (Épaississement de la Membrane tympanique, et ses conséquences).

6. L'Audition chez Mosasaurus. — Le genre *Mosasaurus* :

1. Par sa *Membrane tympanique de Lézard;*

2. Par son *Extracolumelle de Lézard* (i. e. au plus partiellement ossifiée);

3. Par son *Quadratum de Lézard;*

devait, au contraire, avoir une *Audition de Lézard,* c'est-à-dire être un *Mosasaurien nageur* restant au voisinage de la *surface de l'Océan,* ce que confirme l'absence de Canal basioccipital médian.

7. Le Trou pariétal de Plioplatecarpus. — Le Trou pariétal est infiniment plus développé dans le genre *Plioplatecarpus* que dans le genre *Mosasaurus.*

Et développé à tel point qu'on peut, vraiment, se demander s'il ne correspondait pas à un organe fonctionnel, sensible à la lumière.

---

(1) G. Boenninghaus. *Das Ohr des Zahnwales.* Zool. Jahrb. (Anat. u. Ontog.). Vol. XIX. 1904. pp. 280, 282, 338, 343 et 346.

Ce qui serait encore une Adaptation pour plonger, — analogue aux Orbites tournées vers le haut, — car il est utile, pour un animal qui descend dans les profondeurs, d'être renseigné, à la remonte, sur la lumière qui lui vient de la surface.

Naturellement, il ne pouvait s'agir, ici, d'un véritable OEil pinéal.

Cet organe, déjà atrophié chez les Rhynchocéphaliens, l'était, à plus forte raison, chez les Mosasauriens, Reptiles bien plus spécialisés.

Et les Organes atrophiés ne reprennent jamais leur structure passée, en vertu de l'*Irréversibilité de l'Évolution* (1).

Mais la Glande pinéale de *Plioplatecarpus* était, sans doute, capable de recevoir des sensations lumineuses, sans qu'elles fussent visuelles au sens strict du mot, et, surtout, sans que la Glande en question fut redevenue l'OEil qu'elle avait été.

— A propos de l'*Irréversibilité de l'Évolution*, j'ai été heureux de voir avec quelle faveur mes idées ont été acceptées par mon éminent Maître, M. A. Giard, Membre de l'Institut de France et Professeur à la Sorbonne, dans son récent et important Discours prononcé au Congrès des Sciences et des Arts de l'Exposition de Saint-Louis (États-Unis) (2) :

« Et même pour ceux qui ont encore une réserve d'élasticité plasmatique suffisante pour permettre de nouvelles adaptations, il ne faut pas oublier qu'ils ne peuvent évoluer que dans un certain nombre de directions bien définies et qu'il y a toujours lieu de tenir compte de deux faits essentiels qui règlent les transformations désormais possibles : 1° l'indestructibilité du passé, 2° l'irréversibilité de l'évolution. »

« L'évolution n'est pas réversible et on ne peut par aucun procédé faire remonter un être vivant vers le point où il est séparé de son phylum originel pour lui faire suivre ensuite une voie différente de celle qu'il avait primitivement adoptée. »

« La généralité des processus pœcilogoniques montre l'instabilité de l'évolution. Or, d'après Brillouin, l'irréversibilité s'introduit en Mécanique rationnelle avec l'instabilité. L'irréversibilité, qui est le caractère presque universel des phénomènes naturels réalisés en un temps fini, n'est nullement une objection contre l'explication mécanique du monde physico-chimique. »

---

(1) L. Dollo. *Les Lois de l'Évolution*. Bull. Soc. belg. Géol. (Bruxelles). 1893. Vol. VII. p. 164.

« L'évolution est discontinue, — irréversible, — limitée. »

(2) A. Giard. *Les tendances actuelles de la Morphologie et ses rapports avec les autres Sciences*. Revue scientifique. 1905. Vol. III. pp. 171 et 172.

Nous ne sommes pas moins d'accord, M. Giard et moi, sur la *Limitation de l'Évolution* (1) :

« Après une série de transformations innombrables dont il nous est possible parfois de retrouver des traces sous formes d'empreintes fossiles dans les entrailles de la terre, la plupart des êtres vivants sont arrivés à un état d'équilibre relativement stable. Ils ont épuisé les disponibilités de ce que j'ai appelé leur *potentiel plastique,* ne peuvent plus effectuer que de faibles oscillations autour d'une position moyenne et tout changement un peu considérable dans les conditions éthologiques n'est plus susceptible en général d'être compensé par un dispositif nouveau de réactions régulatrices. »

« Ainsi s'explique aussi pourquoi il existe encore aujourd'hui des formes vivantes très vieilles, mais non évoluées, parce qu'elles n'ont plus de potentiel plastique disponible et qu'elles périraient plutôt que de se transformer. »

---

(1) L. Dollo. *Les Lois de l'Évolution,* etc. 1893. p. 165. — A. Giard. *Les tendances actuelles de la Morphologie,* etc. 1905. pp. 171 et 172.

LES SONDAGES HOUILLERS EN CAMPINE

ÉTUDE CRITIQUE ET RECTIFICATIVE

AU SUJET DES INTERPRÉTATIONS DONNÉES JUSQU'ICI

aux

COUPES DES MORTS-TERRAINS

TERTIAIRES ET QUATERNAIRES

PAR

LE BARON OCT. VAN ERTBORN (1)

Planches IV-VII

PRÉFACE.

Arago, le savant et spirituel astronome, parlant de l'action prétendue de la Lune, ajoute : « J'ai trouvé que beaucoup de savants éminents, que des savants très sages et très réservés dans leurs conceptions se laissaient aller à une grande exaltation, à d'incroyables singularités toutes les fois que la Lune les occupait (2). » On pourrait paraphraser cette boutade au sujet des géologues qui se sont occupés des formations tertiaires et quaternaires de la Campine.

En effet, ne voyons-nous pas sur la première Carte géologique de la Belgique, la Campine tout entière recouverte d'un vaste linceul de sable bolderien ?

Nous ne voulons diminuer en rien les mérites d'A. Dumont, l'illustre auteur de cette carte; mais nous ne pouvons nous expliquer comment il n'a pu s'apercevoir que ce même Bolderien, qu'il avait observé si souvent

(1) Présenté à la séance du 17 janvier 1905.

(2) *Astronomie populaire*, t. III, p. 503.

au Bolderberg entre les cotes 30 et 48, surmonté de plusieurs mètres de Diestien, pouvait, à proximité, se trouver sur le plateau aux environs de la cote 100, car il n'est guère vraisemblable que le pendage des couches vers le Nord lui ait échappé, sa carte en fait foi.

De son temps fut foré le puits artésien de Hasselt, dont la coupe fut interprétée par lui, et plus tard ceux de Kermpt et de Zeelhem; tous les trois prouvèrent à l'évidence que les étages occupant les sommets des collines méridionales plongeaient vers le Nord, et que la plupart d'entre eux se trouvaient déjà, sous le parallèle de Zeelhem-Kermpt-Hasselt, au-dessous du niveau de la mer.

La coupe du forage d'Utrecht, bien connue depuis longtemps, fit voir le Poederlien fossilifère entre les cotes — 236 et — 275.5, et le Diestien, fossilifère également, non percé à la cote — 366.

Malgré cette preuve évidente que cette allure des étages tertiaires se continue à 100 kilomètres et plus vers le Nord, n'avons-nous pas vu sur la nouvelle Carte géologique, non seulement le Bolderien, mais même le Rupelien inférieur affleurant en sous-sol à la frontière septentrionale du pays? Et comme l'erreur est vivace, ce relèvement des couches vers le Nord fut encore défendu, il y a deux ans, à l'une des séances de la Société, et on la retrouve dans quelques coupes des sondages houillers de la Campine publiées par les *Annales des Mines de Belgique*.

Les mêmes sondages houillers, sans en excepter un seul, ont prouvé que cette opinion n'est plus soutenable.

La Campine a vu naître aussi le *Quaternaire marin moséen, le plus ancien de la Belgique,* dont l'existence ne fut qu'éphémère et qui, comme on le verra plus loin, ne représente plus aucun des facies indiqués dans l'échelle stratigraphique de la Carte géologique au 40000[e].

Déjà, en 1880, nous avions publié que les sables blancs ou jaunâtres de la région située au Sud des collines de Casterlé sont recouverts par le Scaldisien supérieur (Poederlien) et sont les équivalents des sables à *Isocardia cor* d'Anvers, représentant actuellement le facies supérieur de l'étage diestien. On ne pouvait donc ranger les sables de Moll dans le Quaternaire.

La même influence néfaste s'est fait sentir dans l'interprétation des couches rencontrées par les sondages houillers du Nord de la Belgique.

Nous y voyons, au n° 17, les 40 mètres de Bolderien, et cela à proximité de la célèbre colline, indiqués comme Flandrien, Quaternaire supérieur.

A l'angle Sud-Ouest de la planchette de Stockheim furent forés, sur

un espace de 400 hectares, quatre sondages houillers, et dans leurs coupes nous trouvons la base de l'étage bolderien aux cotes suivantes :

Sondage nº 45, Meeswyck	Base du Bolderien à	. . .	+ 4
» nº 63, Eysdenbosch.	»	. . .	— 93
» nº 20, Lanklaer.	»	. . .	— 143
» nº 46, Lanklaer.	»	. . .	— 191

soit une dénivellation de 195 mètres et un pendage kilométrique de 108 mètres, à peu près le décuple du plus fort pendage tertiaire constaté.

Quant à l'interprétation des coupes de sondages, feu M. Ubaghs nous dit à propos des gisements houillers du Limbourg hollandais (1) :

« Si nos données sont parfois inexactes ou incomplètes, nous prions le lecteur de s'en prendre non pas à nous, mais à l'injustifiable mystère dont on enveloppe les sondages. Bien que nous eussions visité plusieurs fois quelques-unes de ces opérations et que, par conséquent, notre personne fût connue, on nous a refusé l'entrée des travaux, refusé jusqu'à des renseignements sur quelques poignées de sable ou d'argile rapportées par les sondes; les employés auxquels nous avons pu nous adresser n'avaient qu'une connaissance très vague et très superficielle du terrain; serait-ce là peut-être la raison du mystère dont on s'entoure?

» Dans de pareilles conditions, comment veut-on que les terrains traversés par la sonde, recueillis par des gens sans connaissances géologiques approfondies, parfois entremêlés, soient classés plus tard avec exactitude? »

Hélas, toujours la même chose!

Les sondages nºs 2 et 8 furent exécutés à Asch; les deux chantiers, étant situés côte à côte, auraient dû rencontrer les mêmes terrains. Dans la coupe du premier, la base du Moséen est renseignée à la cote + 65.50 et, dans la coupe du nº 8, à la cote — 50; soit une dénivellation de 115m5 à quelques pas de distance. Le fait est, nous semble-t-il, d'une invraisemblance flagrante.

La coupe du sondage nº 54, Coursel-Kleyne-Heyde, mentionne 1 mètre de Laekenien, et le nº 48, Coursel, 150 mètres du même terrain, à moins de 3 kilomètres de distance! Nous aurons l'occasion de les signaler lorsque nous discuterons les coupes.

Celles-ci, on en conviendra, exigent une sérieuse revision.

---

(1) Casimir Ubaghs, *Description géologique et paléontologique du sol du Limbourg*, p. 181. Ruremonde, chez Romen et fils, 1879.

Nous n'incriminons pas trop les interprètes de ces coupes : ils se sont fiés, sans chercher vérification dans d'autres voies, à des séries d'échantillons recueillis *sans soin* et *aussi mauvais que possible* par suite du système de sondage employé. Le grand coupable est le système à injection d'eau. M. G. Lambert qualifie les résultats qu'il a amenés, d'après l'opinion de tous les géologues expérimentés, de **vrai désastre géologique** (1).

On se demandera peut-être comment le fait est possible. C'est ce que nous nous proposons d'exposer en développant, au chapitre Ier, le mode de forage employé.

Chose étrange, il paraît que le limon hesbayen serait campinien et campinois. Campinien comme étant d'âge quaternaire moyen et campinois comme origine. Le dieu Éole aurait enlevé toutes les parties ténues des sables et, soufflant du Nord-Est, les aurait éparpillées sur toute la région située au Sud. En tout cas, ce fait extraordinaire précéda l'invasion de la mer flandrienne, et nous pouvons nous demander avec raison si toute la Campine était, avant cette submersion, aussi sableuse que l'îlot qui, de nos jours, dépasse la cote 50 et qui n'est, d'après nous, recouvert que par des sables d'origine fluviatile et d'âge pliocène supérieur, comme nous le verrons plus loin.

Les éléments ténus auraient été bien rares, et la couche de limon aurait dû se répartir avec parcimonie. L'idée ne nous paraît guère admissible ni le fait vraisemblable.

Les erratiques de Genck, que certains auteurs faisaient venir du plateau de l'Ardenne, n'ont fait qu'un petit parcours vertical, comme notre confrère Van den Broeck l'a fort bien démontré, spécialement pour d'autres, analogues, de la région du Nord-Nord-Est de Saint-Trond. Si tel n'est pas le cas, comment expliquer leur groupement sur certains points en nombre parfois considérable? Auraient-ils cheminé comme un troupeau de moutons ou une compagnie d'oiseaux migrateurs?

Leur provenance est toute naturelle : les sables dunaux diestiens et autres se concrétionnèrent, formant d'immenses rognons gréseux.

Lorsque le mouvement de bascule commença à se produire, chassant la mer Poederlienne de la Belgique septentrionale, les eaux de la Meuse et des cours d'eau secondaires suivirent cette mer sous forme d'eaux sauvages; elles démantelèrent les bancs de grès, pliocènes ici, oligocènes là-bas, les rompirent, et leurs débris s'affaissèrent de quel-

---

(1) *Découverte d'un puissant gisement de minerai de fer dans le grand bassin houiller du Nord de la Belgique*, p. 17.

ques mètres. Certains dévalèrent ultérieurement sur les flancs et jusqu'au fond de sillons fluviaux, tels que la vallée du Geer, et subirent certains phénomènes de transport; mais ce fut plutôt l'exception. Le démantèlement eut lieu pendant le Pliocène supérieur; il fut à peu près contemporain de l'apport des cailloux des ballastières de Genck.

CHAPITRE PREMIER.

Des sondages exécutés par le mode de forage à double courant d'eau.

Nous avons déjà publié, dans les *Bulletins* [1] de la Société, un exposé du système à double courant d'eau. Nous y ajouterons quelques détails. On procède de deux manières : soit en injectant de l'eau dans le trou de sonde, par des tiges cylindriques creuses, et l'eau remonte par l'espace annulaire; soit en procédant de la manière inverse, en laissant couler l'eau dans le trou et en l'aspirant par les tiges creuses. Le courant est beaucoup plus rapide de cette manière, mais il a l'inconvénient, dans les argiles plastiques, de boucher la sonde, dont le diamètre intérieur n'est que de 55 millimètres. On peut remonter, de cette manière, des cailloux tels qu'il s'en trouve à la base du Diestien.

Pour les sondages houillers, on s'installe près d'un petit cours d'eau et l'on injecte continuellement de l'eau fraîche; il n'en est pas ainsi pour le forage des puits artésiens, que l'on ne construit que lorsqu'il n'y a pas d'eau dans l'endroit, ou du moins très peu. Il s'ensuit que l'alimentation de la locomobile est parfois difficile et que nous devons user de la plus grande parcimonie avec l'eau qui sert au jeu de la pompe de forage.

Nous avons, pour remédier à cet inconvénient, quatre cuvelles de décantation placées dans le sol, et c'est toujours la même eau qui fait la navette. De loin en loin on la renouvelle quand, au forage des argiles, elle devient trop épaisse. Il est évident que de cette manière les échantillons géologiques sont mauvais, et ils le sont d'autant plus que le courant est plus rapide et que la descente de la sonde est plus accélérée. Toutefois, dans une nappe sableuse, en arrêtant le mouvement de rotation et en aspirant l'eau par la sonde, on peut retirer du sable très pur, des fossiles même bivalves, des cailloux, etc. Cependant,

---

[1] T. XVII (1903), *Proc.-verb.*, séance du 16 juin 1903, pp. 226-234.

comme nous le disions dans l'exposé, nous préférons nous servir de la sonde creuse comme d'une sonde pleine et recueillir d'excellents échantillons à l'aide d'une cloche à soupape. Nous avons capturé de cette manière, et d'un seul coup, plus de cent cailloux à la base de l'Ypresien, à Alost; un hectolitre au moins de sable glauconifère nummulitique asschien, dit *bande noire*, à Anvers-Frigorifères; un amas de *N. planulata*, à Laeken-Heysel, et un sixième de la faune d'Edeghem, au sondage de Heyst-op-den-Berg.

Le plus grand inconvénient du mode à courant d'eau provient de ce que l'eau, remontant par la section annulaire, n'est pas animée d'une vitesse assez grande pour entraîner les graviers, les fossiles, les cailloux. Il s'ensuit que les éléments plus ou moins pondéreux suivent la sonde à la descente, et lorsqu'on finit par les retirer à la cloche, ils se trouvent associés à des argiles ou à des sables auxquels ils sont **complètement étrangers**. On désigne ces éléments *déplacés* sous le nom de *remaniés* lorsqu'ils le sont par des causes naturelles, et de *coulage* lorsqu'ils le sont par la main de l'homme.

Nous devons au *coulage* quelques interprétations extraordinaires des coupes tertiaires de la Campine. On doit donc, dans l'interprétation des coupes de sondage, se méfier au plus haut point du *coulage*.

Au sujet des échantillons recueillis par le système à courant d'eau et sans aucune précaution, M. A. Renier nous dit (1) : « C'est une opinion assez courante et accréditée parmi les ingénieurs et les géologues, que les procédés de sondage à courant d'eau ne conviennent pas pour la reconnaissance des roches fluides, qu'il s'agisse de l'exploration de gisements pétrolifères ou de la recherche d'eau.

» Quant aux nappes aquifères, la question est évidemment plus délicate. Il faut, pour que la recoupe d'une nappe aquifère soit manifeste, qu'il en résulte une variation de débit dans le courant d'eau. Un examen un peu plus approfondi est cependant nécessaire pour juger pleinement de l'importance de la difficulté. »

Nous ne partageons pas cette manière de voir. A l'aide du système à courant d'eau, les sources artésiennes révèlent elles-mêmes leur présence. On ne fore généralement les puits artésiens qu'aux endroits où la disette d'eau se fait sentir. Il s'ensuit que souvent nous devons user de la plus grande parcimonie avec celle qui alimente la pompe de

---

(1) A. Renier, ingénieur du corps des mines. *De la reconnaissance des terrains par les procédés modernes de sondage.* (Ann. des Mines de Belg., t. VIII, 1903, pp. 927 et suiv.)

l'appareil de sondage. Revenant à la surface du sol, nous la faisons passer par quatre petits bassins de décantation; elle s'écoule enfin dans celui qui alimente la pompe; celle-ci la reprend à nouveau, et c'est toujours la même eau qui fait la navette.

Lorsqu'on rencontre une source jaillissante, les bassins de décantation débordent et inondent le chantier; si, au contraire, on trouve un niveau d'eau qui s'équilibre en contre-bas du sol, l'eau injectée par la sonde disparaît partiellement ou totalement dans la couche perméable, les bassins de décantation se vident et l'appareil de sondage cesse de fonctionner. On est averti *malgré soi* de la présence des niveaux aquifères. Nous avons toujours constaté les mêmes faits depuis trente-six ans (1).

Le *sondeur houiller* établit son chantier sur les rives d'un petit cours d'eau, injecte toujours de l'eau fraîche et jouit ainsi d'un grand avantage.

Nous sommes d'avis — et en ceci notre avis nous paraît être d'un grand poids — que les échantillons recueillis, *non en carottes*, aux sondages houillers ne permettent pas de déterminations sérieuses des terrains traversés. Nous en avons vu de ces échantillons, à Louvain et à Bruxelles; ils passaient cependant pour des meilleurs, et nous nous sommes bien gardé de déterminer les séries. Nous nous empressons de répéter ce que nous avons déjà dit : nous n'incriminons en rien nos confrères qui ont interprété les coupes; ils n'avaient que de mauvais échantillons à leur disposition. Ils ont commis cependant quelques négligences; nous nous permettrons de les exposer :

Tirons une ligne de Menin à Lanaeken; partout au Nord de cette ligne, les couches plongent vers le Nord ou le Nord-Est; il n'y a *jamais* relèvement dans cette direction. Toutes les coupes doivent se raccorder entre elles. Une coupe de Bruxelles se relie aussi bien à une coupe d'Ostende qu'à une coupe de Molenbeek-Saint-Jean.

Un géologue de nos amis, ayant tenté de construire des diagrammes au moyen des données sur les morts-terrains de la Campine publiées par les *Annales des Mines*, en était arrivé à des résultats tellement fantastiques qu'il en aurait conclu que le Tertiaire du Nord de la Belgique était au moins aussi disloqué que celui des Alpes. Et cependant il n'en existe peut-être pas de plus régulier au monde.

---

(1) On connaît toujours à très peu près le niveau des nappes aquifères. Un sondeur habile sent à la rotation de la sonde s'il fore dans de l'argile ou du sable. La résistance de la pompe est bien plus forte dans l'argile et révèle la nature de la couche forée.

En effet, ne voyons-nous pas le Poederlien suivre son allure lente et régulière vers le Nord, du plateau de la Campine jusqu'à Utrecht, sur une longueur de plus de 100 kilomètres?

Nous profiterons précisément de cette régularité d'allure pour tâcher de reconstituer les coupes des morts-terrains tertiaires et quaternaires des soixante-trois sondages houillers exécutés jusqu'à ce jour.

CHAPITRE II.

Reconstitution des coupes probables des morts-terrains tertiaires en Campine.

La grande régularité d'allure des couches tertiaires nous a été d'une sérieuse utilité depuis longtemps; il y a vingt-cinq ans au moins que nous faisons de grands diagrammes qui nous permettent, dans le Nord de la Belgique, de connaître en tous points les niveaux occupés par les différentes nappes aquifères.

A l'aide des *pendages kilométriques*, on arrive à fixer les niveaux avec une grande précision; à Bruxelles, l'erreur ne s'élève plus à 1 mètre. Nous avons pu déterminer avec la plus grande précision la coupe du puits artésien de Terneuzen (Pays-Bas), profond de 130 mètres, et en ce point, en outre des *pendages*, il fallait tenir compte du *rayon de courbure*, le grand cercle, qui a à peu près son centre sous le méridien de Hasselt, se relevant vers le Nord sous le méridien de Terneuzen.

La série à Terneuzen, quoique située beaucoup plus au Nord qu'Anvers, devait être la même qu'à Anvers-Station-Sud, et il en fut ainsi.

Il faut donc bien connaître les collines de la Belgique centrale et en avoir de bonnes coupes; elles ne manquent pas, du Mont de la Trinité, près de Tournai, à la colline de Waltwilder, près de Maestricht; puis une bonne série de forages artésiens bien déterminés, comme avant-postes. Une deuxième série de ceux-ci rend l'organisation complète, car on connaît ainsi le *multiplicateur du pendage*, ce dernier augmentant vers le Nord d'une manière progressive.

Donnons un exemple. Supposons que dans une colline la base de l'argile rupelienne soit à la cote + 30 et qu'un sondage exécuté à 7 kilomètres au Nord ait atteint cette même base à la cote — 10, ce qui donne une dénivellation de 40 mètres et un pendage de $\frac{40}{7} = 5^{m}71$

vers le Nord. Ce pendage kilométrique augmente vers le Nord; quand on est devant l'inconnu, il est prudent d'ajouter, entre 100 et 200 mètres, un cinquième, et entre 200 et 300 mètres, un quart au moins.

Supposons qu'un autre forage soit exécuté à 5 kilomètres au Nord du premier et qu'il ait percé la base de l'argile rupelienne à la cote — 50 : nous constatons une nouvelle inflexion vers le Nord de 40 mètres et un pendage kilométrique de 8 mètres, qui, divisé par le premier, donne le multiplicateur $\frac{8}{5.71} = 1.4$. Il est évident que ce procédé n'est pas applicable à l'infini, car on aboutirait à la verticale, mais en Belgique, dont la frontière septentrionale n'est pas située à l'infini, le système donne d'excellents résultats.

Il n'est donc pas difficile de prophétiser, et de telles prophéties ont au moins un but utilitaire.

A l'aide de toutes ces données, on dresse des diagrammes du Nord au Sud, suivant *les méridiens*, et de l'Ouest à l'Est, suivant *les parallèles*. Nous en avons *de minute en minute* de latitude, du littoral à la Meuse et autant du Nord au Sud, enfin, beaucoup d'auxiliaires suivant les nécessités.

Pour interpréter rationnellement les coupes des soixante-trois sondages houillers, nous avons toujours au moins un diagramme Nord-Sud et un diagramme Ouest-Est qui se croisent à l'endroit du forage.

Le principal diagramme est celui du méridien de Bruxelles : nous en sommes l'*ædificator*. Ce sont nos sondages en grande partie qui ont servi à son établissement. Ce diagramme se compose de deux lignes parallèles, l'une suivant les parties basses de Ruysbroeck jusqu'au camp de Brasschaet et l'autre allant du plateau de la rive droite de la Senne, de Rhode-Saint-Genèse jusqu'au polygone de Brasschaet, Wuestwezel et Rosendael (Pays-Bas).

Un autre beau diagramme est celui de Renaix, Audenarde, Gand, Terneuzen et Goes (Pays-Bas). Un autre encore suit la vallée de la Dendre.

Dans la région orientale : de Louvain et de la colline de Pellenberg à Vlimmeren et Merxplas, et de Gingelom au camp de Beverloo.

Le diagramme suivant le méridien de Bruxelles est, d'après nous, le principal, il est l'*axe géologique* de la Belgique septentrionale. Nous le soignons tout spécialement depuis trente-six ans; il passait jadis par le toit paternel. Il nous sera d'un grand secours dans la tâche que nous avons entreprise.

Les sables aquifères indiquent fréquemment la limite d'étages. On

nous dirait, par exemple, qu'à Lebbeke lez-Termonde, il y a deux puits artésiens, dont l'un a sa source à la cote — 41, l'autre à la cote — 101; nous savons, sans rien consulter, que la série géologique est la suivante :

Paniselien.
Sable à *N. planulata*.
Argile ypresienne.
Sable landenien *L1d*.
Argiles à psammites, etc.

Généralement, on fait de la géologie *superficielle*, c'est-à-dire qu'il est rare que les observations atteignent 10 mètres de profondeur. Faisons de la géologie *profonde*.

Notre premier projet était de ne parler que du territoire compris dans notre petite carte publiée dans les *Bulletins* de la Société (1), mais on nous a fait observer que le même travail serait aussi des plus utiles pour la partie occidentale du pays; nous nous sommes laissé convaincre (2). Les résultats d'une longue expérience ne seront pas perdus de cette manière.

Deux ou trois fois, naguère, nous avons failli arriver bon premier au Primaire dans la zone intéressante. La première fois, alors que feu le général Gratry était ministre de la Guerre, nous nous occupâmes avec lui pendant deux ans d'un grand sondage au camp de Beverloo. Nous savons maintenant, par le sondage de Heppen, que le Primaire est plus profond que nous ne l'avions prévu; nous n'avions pas soupçonné la présence du Hervien en sous-sol, non révélée par les *pendages* méridionaux toujours plus faibles. Il ne fut pas donné suite au projet, le nerf de la guerre faisant défaut; sans quoi le Houiller nous aurait eu comme parrain en se révélant dans ces parages.

La deuxième fois, avec notre confrère et ami M. Van Bogaert, lorsqu'il construisait la nouvelle gare d'Anvers; nous aurions trouvé là, non pas le Houiller, mais bien le Carboniférien ou le Devonien, fait qui aurait attiré vivement l'attention.

Enfin, lorsque l'on promettait, à l'aide d'un grand sondage à Anvers, la découverte d'une source *vauclusienne*, nous avons encore eu,

---

(1) *A propos de la carte géologique de la province d'Anvers et de la partie du Limbourg au Nord du Démer.* (BULL. SOC. BELGE DE GÉOL., DE PALÉONTOL. ET D'HYDROL., t. XVII [1903], *Mém.*, pp. 261-266.)

(2) Nous lui consacrerons un mémoire spécial.

en combattant l'éventualité de celle-ci, l'occasion de nous occuper de prévisions relatives au sous-sol primaire.

Une dernière observation : Pour la détermination des couches, les fossiles *in situ* priment tout; mais il ne faut pas qu'ils soient *remaniés* ou de *coulage*, car sinon ils sont des plus dangereux, et les interprétations données dans les *Annales des Mines* en fournissent la preuve absolue.

Faute de fossiles, l'allure générale des couches et les nappes artésiennes peuvent cependant fournir des renseignements quasi certains. Car ces dernières ne souffrent pas de solution de continuité.

Reste enfin l'*allure générale* des couches. A l'aide de tous les renseignements que nous possédons, nous tenterons donc d'établir les **coupes probables** des soixante-trois sondages houillers de la Campine.

CHAPITRE III.

Échelle stratigraphique.

Il est nécessaire de donner un mot d'explication au sujet de notre échelle stratigraphique qui, pour le Pliocène supérieur et pour le Quaternaire, n'est pas la même que l'*Échelle stratigraphique officielle*, qui a servi au levé de la *Carte géologique au 40 000*ᵉ.

Nous rangeons le Poederlien dans le Pliocène moyen, avec le Scaldisien. Celui-ci n'est plus représenté en Belgique que par un cordon littoral à Anvers-Nord. Au large de l'ancienne mer du Pliocène moyen (dans le sous-sol actuel des Pays-Bas), les deux étages se fondent paléontologiquement.

Le Pliocène supérieur, tel que nous le comprenons, n'est pas représenté dans l'*Échelle officielle*.

Quant à l'échelle du Quaternaire, elle a reçu le coup mortel lorsque notre confrère et ami M. E. Van den Broeck, dans une boutade des plus spirituelles, l'a qualifiée d'*habit d'arlequin* (1).

Nous estimons que les *Étages* et les *Assises* doivent porter le nom de leur *gisement-type*; le droit d'ancienneté ne doit prévaloir que lorsqu'il n'est pas absurde. Les noms de Poederlien (2) et de Scaldisien répondent bien *à notre manière de voir*.

---

(1) *Carte agricole de la Belgique*. Procès-verbaux des réunions consultatives, séance du 17 décembre 1900, p. 3.

(2) Nous avons découvert la roche de Poederlé, gisement type, le 4 décembre 1880.

L'échelle stratigraphique du Quaternaire et du Pliocène supérieur est, en Campine, la suivante, d'après nous :

QUATERNAIRE	**Supérieur**	FLANDRIEN	Marin à cycle sédimentaire complet.
	Moyen	LIERRIEN	Fluviatile, faune de l'*El. primigenius,* avec ce dernier *in situ.* Gisement type : Lierre.
	Inférieur	HOBOKENIEN	Littoral à Anvers. Fluviatile dans l'intérieur du pays, faune de l'*El. antiquus.* Ce dernier *in situ.* Gisement type : Hoboken.
Pliocène supérieur.		ICENO-CROMERIEN (eaux mortes).	FLUVIATILE. Argiles de la Campine avec faune du « Forest-Bed » de Cromer.
		AMSTELIEN (eaux vives).	FLUVIATILE. Sable et cailloux. Compris entre le Cromerien et le Poederlien (Marin dans les Pays-Bas et peut-être à l'extrémité Nord de la province d'Anvers.)
Pliocène moyen.		POEDERLIEN.	

Notre manière de voir demande quelques explications et justifications; nous n'avons pas l'habitude de nous prononcer sans motiver notre opinion.

CHAPITRE IV.

QUATERNAIRE

A. — **Quaternaire supérieur.**

FLANDRIEN.

Au sujet du Quaternaire supérieur flandrien, nous ferons remarquer que M. Cogels et moi, nous l'avions dénommé *Campinien* parce que partout il est représenté en Campine anversoise. Plus tard le nom de Campinien fut donné au Quaternaire moyen, aux dépôts de l'âge du Mammouth, gisements locaux, dont l'existence en Campine à cette époque était des plus problématiques. Ce changement ne fut pas heureux.

Hormis ce détail, il n'y a rien à dire au sujet du Quaternaire supérieur; nous ne lui consacrerons donc pas d'étude spéciale.

B. — Quaternaire moyen.

CAMPINIEN (LIERRIEN).

Le *Campinien nouveau* n'avait qu'un défaut, *c'était de n'exister que peu ou prou en Campine.*

Il y a deux ans, on n'en connaissait même aucun gisement; c'était une lacune grave, lorsqu'un heureux hasard nous fit mettre la main sur une notice contenant la description du château de Terlaeken, à Boisschot. On y lit que la région fut habitée par des éléphants pendant les temps préhistoriques, et que des ossements de ce pachyderme furent trouvés près de la Nèthe. Grâce à l'obligeance du Dr Thys, de Boisschot, nous sûmes bientôt que des ossements de mammouth avaient été réellement trouvés, lors de la rectification de la Nèthe, et qu'ils étaient encore conservés au dit château de Terlaeken (1). Comme contingent, c'est maigre; mais il est évident que les dépôts de la basse terrasse, jusqu'à vif fond des vallées, et les sables et cailloux du fond des mêmes vallées sont d'âge quaternaire moyen. Le fait est prouvé à l'évidence par le gisement du mammouth à Lierre, trouvé, en

	No 42. LEUTH-ROETEWEIDE.	No 50. DILSEN.	No 51. PONT DE MECHELEN.	No 52. STOCKHEIM.	No 53. LEUTH-MASSELHOVEN.
COTE DU SOL . .	+ 41	+ 37	+ 41	+ 36	+ 40
	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.
Moderne . . .	—	—	—	2.00	—
Campinien . .	15.00	14.00	11.00	Hesb. 5.80	15.00
Moséen . . .	—	(11.0)	—	—	—
Toit du Tertiaire.	+ 26.00	+ 23.00	+ 30.00	+ 28.00	+ 25.00

(1) Cette petite notice sur le château de Terlaeken ne fut jamais mise dans le commerce. — Elle contenait de tout, même des chansons; elle fut distribuée aux convives d'un dîner. C'est d'une manière tout à fait incidente qu'on y parle des éléphants (mammouth), et c'est afin de savoir exactement ce qu'il en était que j'ai écrit au Dr Thys, de Boisschot, que je connais.

squelette entier, sans le moindre remaniement. Les sondages houillers ont aussi apporté leur appoint. Cinq d'entre eux (n°s 42, 50, 51, 52, 53) furent forés dans la vallée de la Meuse; nous résumons dans le tableau qui précède les coupes des dépôts modernes et campiniens traversés.

Nous n'admettons pas les 11 mètres de Moséen du sondage n° 50 pour des motifs que nous exposerons plus loin, et les 5^{m}80 de Hesbayen du n° 52 nous paraissent singulièrement égarés en Campine.

L'épaisseur moyenne de ces dépôts est donc de 12^{m}50. Un forage exécuté par nous au château du vicomte Vilain XIIII, à Leuth, nous avait fait percer 16 mètres d'alluvions modernes, de sable et cailloux. Ce tableau nous permet de constater que l'érosion maxima de la Meuse à la traversée du bassin houiller ne dépasse pas la cote + 23.

Des 12^{m}50 de dépôts modernes et quaternaires de la vallée de la Meuse, assignons-en 8 au Campinien. Nous ne pouvons donc admettre les 33 mètres attribués au Campinien dans la coupe du sondage houiller n° 6, Op-Glabbeek-Louwel. On se demande avec surprise quel cours d'eau aurait pu couler sur le plateau, produire une telle érosion et combler ensuite le ravin.

Il n'est guère probable qu'il y ait sur le plateau campinois de dépôts datant du Quaternaire moyen. La partie élevée est recouverte d'éléments remaniés par le vent, la pluie, les eaux sauvages, les érosions des ruisseaux, ces éléments provenant d'anciennes dunes poederliennes et de sables amsteliens. Leur position actuelle ne leur assigne aucun âge bien défini, et l'on ne saurait classer la partie tout à fait superficielle. Le plus beau gisement campinien que nous ayons exploré, ce fut au fort de Lierre lors de sa construction, en 1880. Il y avait en ce point le Diestien avec sa base caillouteuse, reposant sur le Bolderien fossilifère; au sommet de la coupe, le Flandrien. Les tertiaires avaient été ravinés par un cours d'eau dont le lit était comblé par des sables blanchâtres irrégulièrement stratifiés et des couches tourbeuses, dans lesquelles les mousses étaient encore très reconnaissables. On y trouva une petite faune d'eau douce. La couche d'origine fluviale se terminait à la partie supérieure par des sables grossiers, graveleux, renfermant des cailloux de silex blond d'origine étrangère aux dépôts sous-jacents. Un jour, nous vîmes une tête superbe de *R. tichorinus* gisant au fond de la fouille; une autre fois, un frontal de *B. primigenius* avec tronçons de cornes, ayant encore 1^{m}20 d'envergure. Les côtes de l'animal gisaient à proximité; il se trouvait donc *in situ*.

De tels gisements sont rares et ne se rencontrent pas souvent dans la vie d'un géologue.

C. — Quaternaire inférieur.

Moséen. — Hobokenien (*partim*).

Nous en arrivons à la partie la plus diffuse de l'échelle stratigraphique qui a servi au levé de la Carte géologique au 40 000ᵉ.

Le Moséen couvrait de son pavillon les couches les plus hétérogènes, dont l'âge vrai n'était pas connu.

Il comprenait, en Belgique septentrionale, deux termes dans l'échelle stratigraphique officielle :

> Q1a. *Argile pailletée, grise et noire, devenant sableuse* (q1as) *et passant au sable, avec lits tourbeux intercalés. — Bois de Cervidés et restes de Bison* (1).

Ce sont les argiles de la Campine, caractérisées par des fossiles ... d'âge indéterminé.

> Q1s. *Sable blanc, quartzeux, légèrement pailleté (Sable de Moll) . . . . . . devenant parfois argileux* (q1sa). *Cardium edule, Cerithium, Corbula, Mya arenaria.*
> (Les numéros suivants de *q1* Moséen concernent la haute Belgique.)

Il saute aux yeux que les sables de Moll, affleurant au Sud de la colline de Casterlé, et les sables à fossiles poederliens remaniés, affleurant au Nord de la colline de Casterlé, sont d'âge différent, quoique présentant une frappante ressemblance minéralogique.

Le sable blanc de Moll peut être observé dans la colline de Casterlé ***recouvert par le Poederlien fossilifère.*** Il est donc d'âge ***prépoederlien.***

Plus au Nord, le sable blanc à fossiles poederliens remaniés repose sur le Poederlien; il est donc ***postpoederlien.*** Le remaniement seul l'indique. Il y a donc deux sables blancs séparés par le Poederlien.

Dans notre échelle stratigraphique, nous avons assimilé le ***Prépoederlien*** aux ***Sables à Isocardia cor*** d'Anvers.

Nous figurions les sables à ***Corbula striata*** comme affleurant dans les parties septentrionales des territoires des planchettes de Lille et de Casterlé et dont le pendage vers le Nord, ainsi que celui des autres étages, était déjà bien connu.

---

(1) Est-ce *Bison Bonanus* Linn. du Cromerien?

A 4 kilomètres au Nord de cette zone gisent les argiles de la Campine, recouvrant le sable postpoederlien.

Nous disions naguère à leur sujet (1) :

« Le sable sous-jacent (à l'argile) est de couleur foncée, au contact avec le banc d'argile qui le recouvre, il devient rapidement plus pâle, verdâtre et passe à un *sable quartzeux blanc*, dont l'épaisseur n'est pas connue. »

C'est le Postpoederlien.

Le diagramme suivant (fig. 1) le fait parfaitement voir :

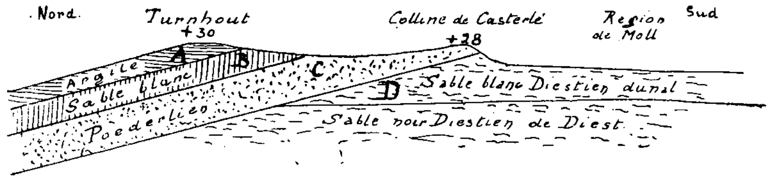


Fig. 1. COUPE NORD-SUD DANS LA RÉGION DE TURNHOUT, CASTERLÉ ET MOLL, MONTRANT LES RELATIONS STRATIGRAPHIQUES RÉELLES DES DÉPÔTS TERTIAIRES DE CES PARAGES.

Ces sables postpoederliens B sont recouverts par des argiles A, renfermant des bois de Cervidés, qui viennent d'être déterminés par le professeur Dubois et qui sont certainement d'âge pliocène supérieur (2); il s'ensuit que les sables sous-jacents B sont également d'âge pliocène. Il ne reste donc plus rien du Moséen quaternaire ancien en Campine. Sur le versant oriental seul du plateau qui domine la Meuse, il peut exister des dépôts de cet âge sur la haute terrasse. En aucun cas, il ne peut s'en trouver au fond des vallées.

Du Quaternaire ancien véritable, des environs d'Anvers et du Pays de Waes, avec *El. antiquus* in situ à Hoboken, il n'en est pas question dans la *Légende officielle*.

Il existerait en Campine d'autres dépôts d'âge quaternaire ancien, désignés dans le tableau (3) publié par M. Rutot dans les *Bulletins* de la Société comme suit :

MOSÉEN. . { *Invasion marine du Delta de la Meuse. Sables marins de la Campine.*

(1) P. COGELS et O. VAN ERTBORN, *De l'âge des couches d'argile quaternaire de la Campine.* (SOC. ROY. MALACOL. DE BELG., t. XVII, 1882.)

(2) Le Cervidé de la briqueterie Cools, à Ryckevoorsel, est *C. Falconeri* Dawk.

(3) *Bull. de la Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol.*, t. XVII, 1903, p. 100, MÉM. — Voir aussi *Bull. de la Soc. d'Anthropol. de Bruxelles,* t. XVI, pp. 24 et suiv.

Ces dépôts nous sont complètement inconnus. Du Poederlien au Flandrien, tous les dépôts que nous connaissons en Campine sont d'origine fluviatile. Pendant l'Iceno-Cromerien (Pliocène supérieur), la Meuse était un affluent du Rhin, qui, lui, avait son embouchure près de Cromer.

La partie méridionale du bassin de la mer du Nord paraît s'être immergée à la fin des temps quaternaires.

Nous nous permettrons de demander à l'auteur du tableau ci-dessus de bien vouloir nous indiquer :

1° Les localités où se trouvent, en Campine, les sables marins d'âge moséen, quaternaire ancien;

2° Où se trouvait le delta de la Meuse à cette époque.

Nous nous demandons si le Flandrien ou Quaternaire supérieur existe réellement sur la partie basse de la pente vers la Meuse en Brabant septentrional, quel est l'âge de la couche sur laquelle reposent les erratiques dans la zone d'Oudenbosch (cote + 5 ou 6), et si ceux-ci ne seraient pas d'âge quaternaire ancien.

Nous en sommes arrivé au Moséen des coupes des sondages houillers; il figure dans la plupart d'entre elles, mais ce n'est que dans un certain nombre qu'on lui a octroyé des puissances considérables, atteignant 109 et 118 mètres.

Ces sondages sont résumés dans le tableau ci-joint.

Nous avons mis en regard le n° 2 et le n° 8, les chantiers de forage s'étant trouvés côte à côte. Chose étrange, au n° 2, la base du Moséen est à la cote + 67.7, et au n° 8 à la cote — 50, soit une différence de 117.7. Il y aurait donc eu en ce point, si les coupes des *Annales des Mines* sont bonnes, un incroyable cañon à parois meubles, comblé plus tard.

Nous ne le croyons pas, les coupes sont erronées; nous avons vu précédemment que la Meuse, à la traversée du bassin houiller, n'avait affouillé sa vallée que jusqu'à la cote + 25, et nous voyons aussi sous le n° 6 un ravinement dans les couches tertiaires qui aurait atteint la cote — 60.5, soit à un niveau situé à 85.5 mètres plus bas que le fond de l'érosion de la Meuse. On ne peut se figurer le torrent qui aurait creusé un tel fjord dans des terrains meubles et la mer moséenne venant y déposer ses sédiments jusqu'au niveau de l'ancien sol.

Nous avons dit précédemment que nous ne pouvions admettre le Moséen, ou Quaternaire ancien, occupant le fond de la vallée de la Meuse au n° 50 Dilsen, sous le Campinien.

Il est admis généralement qu'à la fin du Quaternaire ancien, les

	N° 2. Asch''.	N° 8. Asch'''.	N° 5. Kattenberg–Op-Glabbeek.	N° 6. Louwel-Op-Glabbeek.	N° 9. Op-Glabbeek.	N° 10. Wyshaegen-Donderslag.	N° 14. Eykenberg-Meeuwen.	N° 20. Lanklaer.	N° 46. Lanklaer.	N° 47. Kelgterhof-Houthaelen.	N° 57. Vlimmeren.	N° 60. Helchteren-Kruysven.	N° 63. Eysden-Eysdenbosch.
Cote du sol.	+ 78	+ 78	+ 62.5	+ 65	+ 80	+ 91	+ 82	+ 46	+ 39	+ 75	+ 21.50	+ 73	+ 46
	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Moséen, puis Bolderien jusqu'à — 89.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres	Mètres.	Mètres.
Moderne . .	—	2,50	4,20	2,00	0,40	0,40		—	—	1,60	2.50	7,00	—
Campinien . .	—	7,50	6,80	33,00	12,10	19,90		14,00	11,00	14,45	—	18,00	19,85
Moséen . . .	12,30	118,00	109,00	90,50	92,50	107,70		53,00	47,70	58,20	42,20	10,00	7,45
Cote du toit du Tertiaire. Base du Moséen. .	+ 67,70	— 50,00	— 57,50	— 60,50	— 25,00	— 37,00		— 21,00	— 9,70	+ 0,30	— 23,00	43,00	+ 18,70

vallées n'avaient tout au plus que la moitié de leur profondeur actuelle, et que leur creusement s'acheva seulement pendant le Quaternaire moyen.

Le Moséen n'a donc pas pu se déposer à un niveau qui de son temps était encore occupé par les sédiments tertiaires. Les dépôts quaternaires du fond des vallées sont du Quaternaire moyen, de l'âge du Mammouth, comme le prouve le gisement de Lierre.

Il se peut qu'on ait trouvé une défense d'*El. antiquus* à Smeermaes, dans le fond de la vallée de la Meuse; dans ces conditions, ce débris isolé doit être considéré comme remanié, ayant fait un voyage vertical comme un simple caillou.

Le gisement à *El. antiquus* doit se trouver sur les hautes terrasses ou sur les points culminants, ce qui nous mène à parler du *vrai* Quaternaire ancien, celui de la banlieue d'Anvers et du Pays de Waes.

Nous avons déjà eu l'occasion de parler de ces dépôts (1) et des gisements relatifs de l'*El. antiquus* à Hoboken et d'*El. primigenius* à Lierre : nous n'y reviendrons plus.

Le Quaternaire ancien se trouve à Anvers, spécialement du côté de la station de Berchem et sur le territoire de Deurne. Enfin, sur les hauteurs de la rive droite de l'Escaut et dans le Pays de Waes, M. P. Cogels et moi nous avons tracé ses limites sur nos levés géologiques; mais sur la Carte géologique au 40 000e, on l'a fait rentrer dans le Pliocène, par un singulier besoin de perfectionnement.

Nous avons pu l'observer admirablement lors du creusement de la fosse du gazomètre de l'établissement situé à Anvers-Zurenborg, près de la station de Berchem.

La fouille, de forme ronde, avait 50 mètres de diamètre, à parois verticales, bien asséchées par une machine d'épuisement. On a percé ainsi le Flandrien, le Quaternaire ancien et l'on a pénétré dans le Bolderien, jusqu'au troisième banc de Pétoncles.

Dans une couche d'argile jaunâtre, on trouva d'innombrables débris des couches tertiaires dénudées, des coquilles du Bolderien et du Poederlien, des débris de grès ferrugineux roulés avec empreintes de fossiles, des ossements de cétacés roulés, des dents de Carcharodon, des cailloux de tous genres; ce qui nous a le plus intrigué, ce furent des blocs de silex. A Hoboken, on y a trouvé l'*El. antiquus* in situ.

---

(1) *Bull. de la Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol.*, t. XVI, 1902, Mém., pp. 49 et suiv.

Nous n'avons jamais observé de dépôts de cet âge en Campine anversoise, fortement dénudée par la mer flandrienne. Il pourrait s'en trouver de même âge sur la partie supérieure du versant oriental du plateau campinois.

La question du Moséen est définitivement tranchée, comme on le verra au chapitre sur les étages amstelien et cromerien.

CHAPITRE V.

Système pliocène. — Pliocène supérieur.

ÉTAGES AMSTELIEN ET ICENO-CROMERIEN.

Nous nous proposions de consacrer un chapitre à chacun des étages tertiaires qui se rencontrent en profondeur dans le sous-sol campinois. Lorsque quelques-uns furent rédigés, nous constatâmes que ce travail, déjà si long, prenait un développement tel, qu'il sortait du cadre que nous nous étions tracé. Nous ne parlerons que des étages nouveaux, auxquels nous joindrons le Poederlien, à cause de l'extension considérable qui lui a été constatée en Campine, et cela tout récemment.

Le Pliocène supérieur et moyen, en Angleterre, a été divisé par notre confrère le Dr Harmer, membre de notre Société, de la manière suivante :

Pliocène supérieur.	CROMERIEN . .	Zone à *El. meridionalis.*
	ICENIEN . . .	Crag de Norwich.
	BUTLEYEN . . .	Crag de Butley et de Bawdey. Amstelien (partie supérieure).
	NEWBOURNIEN. .	Crag de Newbourn et de Sutton. Amstelien (partie inférieure.)
Pliocène moyen . .	WALTONIEN . .	Essex crag. Poederlien et Scaldisien.

Nous nous servirons de cette échelle stratigraphique.

ÉTAGE AMSTELIEN.

Le mouvement de bascule, probablement fort lent, s'est terminé, du moins en apparence, et nous nous trouvons actuellement devant les trois points de repère suivants :

	Latitude.	Toit du Poederlien.
Utrecht.	52° 3'11"	à — 236
Turnhout	51°19'16"	à + 2
Eyken Cottage (pl. de Gestel) .	51° 2'24"	à + 65.

Les distances sont exactement de $81^{km}5$ et de $31^{km}5$, donnant un pendage d'Eyken-Cottage à Turnhout de 2 mètres et de Turnhout à Utrecht de $2^{m}92$. Un peu plus fort au Nord, comme on le constate toujours. On peut donc se demander où se trouvait la *charnière* de la bascule, c'est-à-dire la ligne restée à la même distance du centre de la Terre; supposons-la à la cote — 15, soit à 6 kilomètres au Nord de Turnhout.

La mer Poederlienne, chassée de la Campine méridionale, change de nom; sa faune se modifie et elle est désignée en géologie sous le nom de mer Amstelienne.

La large plage abandonnée est parcourue par les eaux rapides de la Meuse et de cours d'eau de moindre importance, en quête d'un nouveau régime hydrographique.

Tous ces phénomènes se passèrent avec la lenteur géologique habituelle.

Nous avons donc supposé qu'à 6 kilomètres au Nord du parallèle de Turnhout se trouvait probablement le littoral méridional de la mer Amstelienne. Il s'ensuit que les grands sondages de M. Mourlon à Wortel et à Strybeek, ayant atteint respectivement les cotes — 33.7 et — 52.5, ont dû atteindre les couches marines amsteliennes.

Les listes des fossiles trouvés aux sondages de Wortel et de Strybeek ont été publiées dans les comptes rendus de l'excursion en Campine en 1900 (1).

Les échantillons déterminés par M. E. Vincent sont généralement très usés ou brisés; toutefois, vingt-six espèces étaient déterminables.

Seize d'entre elles se retrouvent dans le Poederlien, dix-sept dans l'Amstelien et dix-neuf dans les mers actuelles, mais de ces dix-neuf pas une seule n'est propre aux mers actuelles seulement. Il y en a qui ne figurent que dans les colonnes du Moséen et de l'Amstelien seulement. Le fait est bien facile à expliquer, car ici le Moséen et l'Amstelien ne font qu'un sous deux noms différents.

Il semble donc très probable que la sonde a atteint le littoral de la mer Amstelienne, où roulaient sur la plage les restes de ses mollusques mêlés aux coquilles poederliennes remaniées.

On se trouve donc, à Wortel et à Strybeek, bien près du contact

(1) *Bull. de la Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol.*, t. XIV, 1900, Mém., p. 201. — *Ann. de la Soc. royale malacol. de Belgique*, séance du 6 octobre 1900, p. LII.

latéral des dépôts fluviatiles amsteliens et des dépôts de même âge d'origine marine.

L'âge pliocène des dépôts amsteliens, sable, cailloux (1), bois tourbeux, etc., n'est pas démontré paléontologiquement, mais il l'est stratigraphiquement par leur gisement sous l'Iceno-Cromerien, qui l'est paléontologiquement.

Étage iceno-cromerien.

La solution de la question de l'âge des argiles de la Campine, restée si longtemps en suspens, vient de recevoir, à la suite de la publication du mémoire de M. le professeur Dubois, une solution inespérée.

Depuis longtemps, ces argiles ont attiré l'attention des géologues; Staring, le premier, en parla dans son grand et célèbre ouvrage : *De bodem van Nederland.*

Il indique les points où ces argiles sont exploitées en Brabant septentrional et en Campine belge : Tilbourg, Gilze, de Bergen-op-Zoom à Bréda, jusqu'à l'Est de Meijel, Riel, Alphen, Nieuwmoer, Esschen, etc.

Toutefois, l'âge de ces argiles embarrasse visiblement l'auteur, et il dit avec hésitation que ces nombreux bancs d'argile paraissent appartenir au *Zanddiluvium.*

Nous avons fait un résumé succinct, M. P. Cogels et moi, de cette partie du travail de Staring dans une note communiquée à la Société royale malacologique de Belgique (2). Nous avons publié dans la même notice plusieurs coupes levées dans des briqueteries situées en Campine. Soit :

Planchette de Turnhout. (Limite extrême Ouest.)

Longitude : 0°31'10" Est.
Latitude : 51°19'54".
Cote : + 30.

A. Flandrien avec petits cailloux à la base, 1m70.

B. Argile gris-bleu plastique, micacée, parfois noire ou de couleur bronze à la partie supérieure, parfois altérée et devenue couleur d'ocre. Nous avons constaté ces différences de coloration sur les parois d'un

(1) Rappelons que les amas de cailloux n'ont aucune valeur stratigraphique dans les dépôts d'origine fluviatile, genre amstelien.

(2) *De l'âge des couches d'argile quaternaire de la Campine,* t. XVII, 1882.

ravinement qui formait dans l'argile une espèce de fissure remplie de sable campinien (flandrien). L'argile présentait en un point, à un peu plus de 2 mètres de profondeur, une strate sableuse ferrugineuse, dure, constituant des plaques de limonite dans lesquelles on distinguait parfois comme des traces de petites racines. L'épaisseur d'argile, dans cette première briqueterie, est de 2 à 3 mètres. L'exploitation est conduite jusqu'à la couche de sable sous-jacente, mais nous n'avons pu observer cette dernière.

Outre deux autres coupes des environs de Turnhout, nous en avons publié deux des environs de Capellen, où, comme souvent près de Turnhout, le Flandrien n'est représenté que par son sable d'émersion.

Coupe levée dans une briqueterie à Capellen, au Nord d'Anvers.

CAPELLEN.

Longitude 2'30" Latitude 51°20'10" Cote 10.

Flandrien. Sable quartzeux noirâtre.	0m60
Argile jaunâtre, ferrugineuse à la partie supérieure, passant à l'argile grise, micacée, plastique . . .	1.05
Sable micacé assez grossier et argileux vers le haut .	0.35
Sable blanchâtre, grossier	1.00
Sable jaunâtre (non percé).	0.40

La question restait depuis longtemps en suspens, lorsque dans l'*Échelle stratigraphique officielle* pour le levé de la Carte géologique au 40 000e, les argiles de la Campine furent rangées dans le Moséen quaternaire inférieur, sans aucun motif probant.

Nous les rangeâmes ensuite dans l'*Amstelo-Moséen* (1); au point de vue stratigraphique, il nous était impossible de les considérer comme d'âge quaternaire, mais les preuves paléontologiques manquaient.

Les découvertes du professeur Dubois à Tegelen, en Campine néerlandaise, où le savant conservateur du Musée Teyler, à Harlem, exhuma des mêmes argiles la faune et la flore du *Forest-Bed* de Cromer, appelèrent de nouveau notre attention sur l'âge de ces mêmes argiles.

Le Musée des arts décoratifs et industriels au Parc du Cinquantenaire détient dans ses collections deux bois de Cervidés provenant de la briqueterie de M. le Sénateur Cools, à Ryckevoorsel, Campine anversoise.

(1) Ce nom disparaît de fait de la nouvelle nomenclature géologique.

Ils furent gracieusement mis à notre disposition pour détermination par la direction du Musée. Le professeur Dubois voulut bien accepter cette mission.

Nous reçûmes comme joyeux Noël la dépêche suivante :

Harlem, Musée Teyler, 25 décembre 1904.

Bois de Cervidés certainement Pliocène supérieur.

(*S.*) Dubois.

La question de l'âge des argiles de la Campine est donc définitivement résolue en Belgique, comme elle l'était dans les Pays-Bas.

Nous nous empressons d'adresser ici à M. le professeur Dubois et à la direction du Musée du Parc du Cinquantenaire, à Bruxelles, l'expression de nos sincères remerciements. Ils ont bien mérité de la science.

A la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie, nous devons également un tribut de reconnaissance. Elle s'est empressée de donner l'hospitalité, dans ses *Bulletins*, à notre traduction du mémoire de M. E. Dubois et à notre préface.

Les étages iceno-cromerien et amstelien ont donc acquis droit de cité en Belgique et représentent le Pliocène supérieur.

On jugera de leur importance au point de vue de la Carte géologique : le Cromerien occupe, dans le Nord de la Belgique, province d'Anvers, une surface d'environ 75 000 hectares, et l'Amstelien, dans le restant de la Campine, au moins autant. Il s'ensuit que leurs affleurements équivalent au *vingtième de la surface du pays* et que parmi les étages géologiques, ils sont des plus largement partagés dans l'ensemble de notre territoire.

Et nous qui avions juré, après les dissensions qui amenèrent la chute de la Carte géologique au 20 000e, de ne plus jamais mettre la main aux levés géologiques! Nous avions voué à la rouille *notre tarière géologique*, avec laquelle nous donnâmes le premier coup de sonde, Cogels et moi, le 31 décembre 1878 (1). Nous voilà, malgré nous, l'auteur de la Carte géologique de la province d'Anvers et de celle du Limbourg, au Nord du Démer, soit d'une province et demie, ou du sixième de la Belgique.

Lors de nos anciens levés géologiques, nous avions commis deux erreurs : la première fut d'attribuer au Wemmelien, contrairement à

(1) *Texte explicatif des levés géologiques des planchettes d'Hoboken et de Contich*, p. 73.

l'avis de Dumont, les sables sous-jacents à l'argile rupelienne sur la rive gauche du Rupel; la seconde, de donner trop peu d'extension au gisement de l'argile rupelienne dans la partie méridionale de la province d'Anvers.

La première faute fut rachetée par la découverte du *Pecten stetinensis*, fossile caractéristique de l'Oligocène moyen, dans les sables sous-jacents à l'argile rupelienne, et la seconde, par les grands sondages de Heyst-op-den-Berg et de Westerloo, qui jetèrent une vive lumière sur les allures des étages tertiaires en Campine.

N'oublions pas de citer la large part que prit à ces levés notre ami et ancien collaborateur Paul Cogels, qui paraît avoir abandonné la géologie pour se complaire dans la présidence de l'Académie d'Archéologie de Belgique, loin des *bouleversements geologiques*.

M. le professeur Dubois vient de terminer son étude; le Cervidé de Ryckevoörsel est le *Cervus Falconeri* Dawk, d'âge icenien, c'est-à-dire un peu plus ancien que le Cromerien. Toutefois, il est à remarquer que plusieurs espèces iceniennes vivaient encore pendant le Cromerien [1].

L'étude du savant professeur est exposée dans la notice qu'il a communiquée à la Société et intitulée : *Sur une espèce de cerf de l'Icenien trouvée dans l'argile de la Campine : Cervus Falconeri Dawk.*

Pour l'Amstelien, l'Icenien et le Cromerien, voir : *A Sketch of the later Tertiary History of East Anglia*, by E.-W. Harmer F. G. S. (*Proceedings of the Geologist' Association*, vol. XVII, parts 9 and 10, Aug.-Nov. 1902.)

CHAPITRE VI.

Pliocène moyen.

Étage poederlien.

Dans l'état actuel de nos connaissances, il n'est pas douteux que la mer poederlienne n'ait atteint, vers le Sud, le parallèle de la vallée actuelle du Démer (Ouest-Est bien entendu) et même plus loin, car

---

(1) Nous avons encore trop peu de faits pour décider entre l'Icenien et le Cromerien. L'avenir élucidera la question. Seul l'*âge pliocène supérieur* des dépôts est définitivement tranché.

des débris de roches ferrugineuses portant des empreintes de Corbules ont été trouvés bien au Sud du Bolderberg. Il est bien établi que cette mer recouvrait tout le plateau de la Campine limbourgeoise, alors qu'il se trouvait à une centaine de mètres au-dessous du niveau qu'il occupe aujourd'hui.

A la fin du Pliocène moyen, l'embouchure de la Meuse se trouvait aux environs de Genck, et le fleuve y accumula ces amas de cailloux bien connus comme aliment de nos ballastières dans ces parages.

Nous les considérons donc comme d'âge pliocène, en communauté d'idées avec notre honorable confrère M. Rutot, qui range même dans le Pliocène inférieur diestien « les sables, glaise et cailloux fluviaux des plateaux et des hautes altitudes [1] ».

Lorsque le mouvement de bascule commença à se manifester, la sédimentation marine prit fin en Campine et se continua en Hollande pendant le Pliocène supérieur, époque au cours de laquelle se déposèrent les sables amsteliens.

La Meuse suivit la mer du Nord au fur et à mesure de son retrait, et c'est alors que commença cette période poldérienne qui n'a pas encore cessé aujourd'hui et qui n'a subi d'interruption que pendant l'invasion de la mer flandrienne.

De ces dépôts fluviaux et d'estuaire, nous avions fait notre étage amstelo-moséen, d'âge pliocène supérieur, se rattachant latéralement aux dépôts marins amsteliens de même âge en Hollande.

La Meuse, se déplaçant vers l'Est, creusa sa vallée jusqu'à 80 mètres sous la surface du plateau. En effet, le Lanaeker Heyde atteint la cote 104, et à Elsloo, le fond de la vallée se trouve vers la cote 40. Il faut y ajouter 15 mètres, comblés par les alluvions modernes et les sables et cailloux campiniens.

Revenons-en à l'étage poederlien. Les sables à *Corbula striata* ont été parfaitement étudiés par MM. P. Cogels et E. Van den Broeck, à Anvers, et tout particulièrement au fort de Merxem; ces géologues en avaient fait l'assise supérieure de l'étage scaldisien. La situation en était à cet état lorsque ultérieurement le hasard des explorations géologiques nous amena, le 4 décembre 1880, au village de Poederlé et

---

(1) *Bull. de la Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol.*, t. XVII (1903), Mém., p. 100. Tableau.

nous fit découvrir une butte formée de grès ferrugineux fossilifère; nous disions un peu plus tard à son sujet (1) :

Nous nous occuperons d'abord du gisement fossilifère de Poederlé, que la pureté de sa faune nous engage à considérer comme un gisement type de l'étage supérieur du système scaldisien (2). Il consiste en une roche ferrugineuse que l'on aperçoit à droite de la route, immédiatement après avoir dépassé les dernières maisons bâties sur la butte en sortant du village de Poederlé, par la chaussée de Lille (Campine). La roche affleure au sol, mais la construction de la chaussée en a fait détruire une grande partie, de sorte que la partie restante constitue de ce côté un escarpement artificiel, haut d'environ 3 à 4 mètres.

La base de cette butte est formée de sable orangé, fin, micacé, doux au toucher. Nous considérons ce sable comme formant la partie supérieure de l'étage inférieur du système scaldisien.

Au dessus de ce sable se trouve une mince couche d'argile plastique, grisâtre. Cette couche est parfois discontinue, et l'argile occupe alors de petites poches. Nous n'avons pas trouvé ici, au-dessous de l'argile, la ligne de graviers et de cailloux que nous avons observée à ce niveau sur le territoire de la planchette de Casterlé et qui constitue, d'après nous, la base de l'étage supérieur du système scaldisien. A cette argile succède une couche de sable ferrugineux grossier et graveleux à la base, puis cohérent et à grain moyen, pailleté de mica, rude au toucher, dont la puissance est d'environ $0^{m}50$, et qui passe brusquement au grès ferrugineux. Ce dernier se divise en plaques de 2 à 3 centimètres d'épaisseur, séparées par du sable non agglutiné; il renferme d'innombrables moules de fossiles dont le test a disparu.

Plus tard, une dizaine de sondages exécutés jusqu'à la limite extrême septentrionale de la planchette de Lille, nous permirent de constater que les sables à Corbules affleurent en sous-sol dans toute cette région, située à proximité de Vlimmeren.

Peu d'années après, les mêmes sables furent percés ou atteints par les sondages de Merxplas et de Turnhout, et à Utrecht, à 80 kilomètres plus au Nord, ils se trouvent compris entre les cotes — 236 à — 275.5. De là à leur extension vers le Sud il n'y avait qu'un pas, et cette extension, prévue par M. E. Van den Broeck, se vérifia complètement.

---

(1) P. Cogels et O. van Ertborn, *Texte explicatif du levé géologique de la planchette de Lille*, p. 11, et aussi celui de la planchette de Casterlé.

(2) M. G. Vincent lui donna plus tard le nom de *Poederlien*.

Les cailloux de silex, parfois corrodés, de la base du Poederlien sont du poids moyen de 12 grammes.

En aval d'Anvers, des bancs de grès ferrugineux très durs, d'âge poederlien, ont été découverts à vif fond du lit de l'Escaut. Ceux-ci n'ont pu se former à ce niveau. Il s'ensuit qu'après l'émersion du fond de mer poederlien, il y eut un nouvel affaissement dans cette région, ce qui était connu déjà par le niveau occupé par le banc de tourbe moderne.

MORTS-TERRAINS TERTIAIRES ET QUATERNAIRES

RECTIFICATION DES COUPES

PUBLIÉES PAR LES

ANNALES DES MINES DE BELGIQUE

(TOMES VIII, 1903, ET IX, 1904)

CHAPITRE VII

Groupe I de la province d'Anvers

A[1]. — N° 38 KESSEL.
B[1]. — N° 39 SANTHOVEN.
C[1]. — N° 57 VLIMMEREN.
D[1]. — N° 37 NORDERWYCK.
E[1]. — N° 36 TONGERLOO.
F[1]. — N° 33 WESTERLOO.
G[1]. — N° 59 OOLEN.
H[1]. — N° 35 GHEEL.
I[1]. — N° 58 GHEEL.

Avant-propos de l'étude rectificative.

L'importance des rectifications que nous allons avoir à faire aux interprétations des géologues qui ont cherché, tantôt par induction, tantôt par l'étude des déplorables échantillons mis à leur disposition, à fournir la coupe géologique des morts-terrains de la Campine, nous amène à devoir plaider en leur faveur certaines circonstances atténuantes. Déjà dans le chapitre Ier de la présente étude, nous avons montré que le procédé de forage employé ne permettait guère, dans la grande majorité des cas l'utilisation des échantillons, ceux-ci fournissant plus souvent des causes d'erreur que des renseignements sérieux.

Lorsque le Comité directeur des *Annales des Mines* s'est, à son tour, adressé aux géologues qui avaient été chargés soit d'examiner les échantillons, soit de dresser les coupes géologiques des morts-terrains et du Houiller sous-jacent, il ne s'est pas fait grande illusion sur la précision des renseignements obtenus, car, en tête du travail consacré, dans les *Annales,* aux « Coupes des sondages de la Campine », nous lisons l'avant-propos suivant :

Coupes des sondages de la Campine.

En vue de faciliter l'intelligence et l'interprétation des sondages en ce qui concerne les morts-terrains, nous croyons utile d'indiquer à quels étages géologiques semblent appartenir les terrains recoupés.

Pour un certain nombre de sondages, la détermination géologique des assises avait été déjà faite par divers géologues.

Pour d'autres, aucune détermination de ce genre n'avait, jusqu'ici, été réalisée. A notre demande, M. Mourlon, directeur du *Service géologique,* a bien voulu entreprendre cette tâche, dont il a confié l'exécution à MM. Ch. Lejeune de Schiervel et M. de Brouwer, attachés audit Service.

Il va de soi que, vu la rareté des échantillons qui ont pu être soumis à l'examen ou aussi l'incertitude qui règne au sujet des échantillons eux-mêmes et qui est la conséquence inévitable de la rapidité avec laquelle la plupart des sondages ont été exécutés, la plus grande réserve s'impose, ainsi que ces Messieurs le font eux-mêmes ressortir en note quant à cette détermination qui, sans aucun doute, est sujette à revision.

Cette revision ne pourra être faite sérieusement que lorsque de nouveaux sondages, pratiqués spécialement dans le but de l'étude des morts-terrains, auront été exécutés, ou encore lorsque les puits eux-mêmes seront en fonçage,... si toutefois le système de fonçage adopté permet un examen complet des roches recoupées, ce qui ne sera vraisemblablement pas toujours le cas.

La note ci-dessus du Comité directeur des *Annales des Mines* consacre ensuite un paragraphe aux réserves à faire en ce qui concerne les couches de houille recoupées, puis elle ajoute :

Nous croyons cependant que tels qu'ils sont donnés, les résultats des recherches importantes, et déjà nombreuses, faites dans la Campine sont utiles à connaître, et que leur publication est de nature à rendre des services à nos hommes de science et à nos industriels.

De son côté, le *Service géologique*, au début de ses interprétations (voir *Ann. des Mines de Belg.*, 1903, t. VIII, p. 278, Sondage nº 1, à Asch), formule en note les réserves suivantes :

En mettant en regard du journal de forage les déterminations géologiques des terrains traversés, nous n'avons pas eu en vue de faire œuvre scientifique. Il eût fallu, pour un travail de ce genre, avoir à sa disposition une série d'échantillons nombreux et recueillis avec soin. Tel n'a malheureusement pas été notre cas; même pour plusieurs des coupes publiées ici, nous n'avons pas eu entre les mains un seul échantillon.

Toutefois, ces délimitations d'étages et d'assises géologiques, bien qu'approximatives, ne sont pas sans une réelle utilité...

Le *Service* mentionne aussi la tendance inévitable des contremaîtres et directeurs de sondages — presque tous Allemands — à interpréter, dans leur carnet de forage, d'après les formations géologiques allemandes qui leur sont familières, nos terrains belges. Cela rendait la tâche des géologues belges plus difficile encore.

Certains des géologues et spécialistes, tels que MM. Rutot, Gevers, ont formulé au sujet de l'interprétation soit de certains forages, soit de quelques couches indiquées par eux, des réserves ou des doutes s'attachant à des points spéciaux; d'autres, comme M. Forir, n'ont cru devoir formuler aucune réserve au sujet de leurs interprétations, et il est à remarquer que ce sont précisément ces dernières qui sont les plus critiquables.

Afin de laisser à chacun la responsabilité de ses interprétations et aussi afin de prendre acte des réserves faites, nous avons indiqué dans le tableau suivant les auteurs des interprétations des soixante-trois forages, ici analysés, de la Campine, et nous avons signalé celles de ces interprétations qui ont donné lieu à des réserves de la part de leurs auteurs.

Sondages houillers.

Numéros.	FORAGES.	RÉSERVES FAITES.	INTERPRÈTES.
1	Asch′	Réserves générales (1).	Service géologique.
2	Asch″	Renvoi au n° 1.	Service géologique.
3	Op-Glabbeek	Renvoi au n° 1.	Service géologique.
4	Genck-Waterscheid . .	Renvoi au n° 1.	Service géologique.
5	Kattenberg (Op-Glabbeek).	Pas de réserves.	Forir.
6	Louwel (Op-Glabbeek) .	Pas de réserves.	Forir.
7	Houthaelen.	Renvoi au n° 1.	Service géologique.
8	Asch‴	Pas de réserves.	Forir.
9	Op-Glabbeek	Pas de réserves.	Forir.
10	Wyshaegen (Donderslag).	Pas de réserves.	Forir.
11	Mechelen	Renvoi au n° 1.	Service géologique.
12	Genck (Gelieren) . . .	Réserve au sujet du mot *marne*, non mis en question.	Service géologique.
13	Genck	Renvoi au n° 1.	Service géologique.
14	Eykenberg (Meeuwen) .	Pas de réserves.	Gevers.
15	Genck (Winterslag) . .	Même remarque qu'au n° 12. (Avant le n° 16, les réserves générales du Service sont renouvelées par les *Annales des Mines*.)	Service géologique.
16	Zonhoven	Pas de réserves.	Rutot.
17	Zolder	Pas de réserves.	Rutot.
18	Zonhoven (Daalheyde) .	Réserve sur l'assise de Herve, non mise en question.	Service géologique.
19	Helchteren	Réserve, sans échantillons.	Service géologique.
20	Lanklaer	Sans réserves.	Forir.
21	Eysden	Sans réserves.	Forir.
22	Zolder (De Theux). . .	Sans réserves.	Service géologique.
23	Zolder (Voorter Heyde) .	Sans échantillon.	Service géologique.
24	Lanklaer	Sans réserves.	Service géologique.
25	Tessenderloo (Genendyck).	Sans échantillon.	Service géologique.
26	Bolderberg.	Sans échantillon.	Service géologique.
27	Heusden (Ubbersel) . .	Sans échantillon.	Service géologique.
28	Beeringen	Sans réserves.	Forir.
29	Pael	Sans réserves, sauf celles relatives au carnet du sondeur.	Rutot.
30	Meeuwen	Sans échantillon.	Service géologique.
31	Eelen	Sans échantillon.	Service géologique.

(1) Voir l'extrait reproduit page précédente.

Sondages houillers (*suite*).

Numéros.	FORAGES.	RÉSERVES FAITES.	INTERPRÈTES.
32	Mechelen-sur-Meuse . .	Sans échantillon.	Service géologique.
33	Westerloo	Sans réserves.	Service géologique.
34	Meerhout (Zittaert) . .	Sans réserves.	Forir.
35	Gheel	Sans échantillon.	Service géologique.
36	Tongerloo	Sans réserves.	Service géologique.
37	Norderwyck	Réserves au sujet du carnet du sondeur.	Rutot.
38	Kessel (Lierre). . . .	Échantillons sous forme de boue, comme pour tous les autres.	Forir.
39	Santhoven	Sans réserves.	Forir.
40	Gruitrode	Sans réserves.	Stainier.
41	Op-Oeteren.	Sans échantillon.	Service géologique.
42	Leuth (Roeteweide) . .	Réserves, échantillons ne concordant pas avec ceux du 53.	Service géologique.
43	Lanaeken	Sans réserves.	Forir.
44	Hoesselt.	Sans réserves.	Forir.
45	Meeswyck	Sans réserves.	Service géologique.
46	Lanklaer	Sans réserves.	Forir.
47	Kelgterhof (Houthaelen) .	Sans réserves.	Forir.
48	Coursel.	Sans réserves.	Forir.
49	Op-Grimby.	Sans échantillon.	Service géologique.
50	Dilsen	Sans réserves.	Forir.
51	Pont de Mechelen. . .	Sans réserves.	Service géologique.
52	Stockheim	Sans réserves.	Forir.
53	Leuth (Maaselhoven) . .	Sans réserves.	Service géologique.
54	Coursel (Kleine Heyde) .	Sans réserves.	Forir.
55	Coursel (Schans) . . .	Sans réserves.	Service géologique.
56	Baelen (Hoelst) . . .	Sans échantillon.	Service géologique.
57	Vlimmeren.	Échantillons sous forme de boue.	Forir.
58	Gheel (Écluse 7)	Sans réserves.	Service géologique.
59	Oolen	Sans réserves.	Rutot.
60	Helchteren (Kruys-Ven) .	Réserves générales.	Société d'exploitation.
61	Sutendael	D'après les échantillons.	Service géologique.
62	Heppen	Sans réserves.	Forir.
63	Eysden (Eysdenbosch) .	Sans réserves.	Forir.

Groupe I, de la province d'Anvers.

Nous avons exposé au chapitre III notre mode d'opérer pour faire de la géologie pratique, en établissant, à l'aide de grands diagrammes, les niveaux occupés par les nappes aquifères, mode qui nous a donné d'excellents résultats depuis vingt-cinq ans.

Nous partirons donc du méridien central, celui de Bruxelles, dont le diagramme est l'*axe géologique* de la Belgique septentrionale.

Partant de Rhode-Saint-Genèse, il passe par Uccle, Bruxelles, Anvers, pour aboutir à Brasschaet (polygone), qui est son terminus en Belgique. Prolongé vers le Nord, il rencontre successivement Roosendael, Gorkum et Utrecht.

Nous pouvons suivre ainsi le Diestien, de Preke-Linden, non loin de l'avenue de Tervueren, jusqu'à Utrecht, soit de la latitude de 50°50′45″ jusqu'à celle de 52°3′11″, ou sur une distance de 134 kilomètres, passant de la cote + 95 à la cote — 366, à Utrecht, où sa base ne fut pas atteinte.

Supposons la dénivellation totale de 500 mètres, son *pendage kilométrique* vers le Nord serait de $3^{m}7$.

Reprenons notre diagramme, et d'un point situé un peu au Nord de Vilvorde, tirons une ligne exactement au Nord-Est. Cette ligne sera la limite orientale du Paniselien et la limite occidentale du Heersien, du Bruxellien et du Tongrien en profondeur.

Une seconde ligne, tirée de Tirlemont et dirigée vers le Nord, par Montaigu et Veerle, s'infléchissant ensuite à l'Est pour passer entre Meerhout et Gheel, déterminera l'ancien rivage ypresien (1).

Cette ligne sera en outre la limite orientale de tous les étages occidentaux, de l'Asschien à l'Ypresien compris, étages qui font complètement défaut à l'Est. D'autre part, le Landenien supérieur paraît ne pas l'avoir dépassée vers l'Ouest.

Cette ligne figure la faille de Tirlemont. Il nous semble probable que la ligne qui a son point de départ près de Vilvorde en indique une autre. Il y a cependant moindre dénivellation dans cette zone que dans celle de Tirlemont.

Les failles ne sont révélées que par les diagrammes suivant les paral-

---

(1) A. Rutot, *Note sur la limite orientale de l'Étage ypresien*, etc. (Bull. Soc. belge de Géol., t. II, 1888, pp. 204-248.) Sauf que sur la carte, p. 248, la ligne doit, au Nord de Diest, s'infléchir vers le Nord-Est.

lèles. Il n'y en a pas une seule du littoral à la vallée de la Senne, et encore celle que nous avons indiquée au Nord de Vilvorde n'a pas laissé de vestiges à Bruxelles. Il en est encore d'autres dans la région de la Meuse, dans la zone occupée par le Trias. Quant à cette multitude de failles, qui affecteraient même les couches superficielles, nous n'y croyons pas, ce ne sont que des apparences : des glissements sur les flancs des vallées; des affaissements dus à la décalcification sur les plateaux. Nous en avons vu de fort belles de ce genre à Saint-Gilles, non loin de *Ma Campagne,* localité célèbre en géologie par la magnifique base du Laekenien qui se trouvait en ce point, aujourd'hui nivelé.

Cette décalcification produit même des cavités; il y en avait une à la gare de Watermael, où l'un de nos confrères pénétra à 8 mètres. On en trouva, paraît-il, plusieurs lors de la construction du nouvel Observatoire. Un beau jour, le sol se tasse et le géologue peu expérimenté découvre... une faille.

Avant de commencer la rectification des coupes, donnons encore acte au *Service géologique* de sa déclaration, au bas de la coupe 1, Asch ([1]). Après quelques tâtonnements, le Service s'est assez bien tiré de ces déterminations ingrates, d'autant plus qu'il n'avait pas à arguer de vingt-cinq ans d'expérience.

Les meilleurs résultats furent obtenus par les diagrammes, et surtout lorsque les mauvais échantillons faisaient défaut, c'est-à-dire lorsqu'il y avait... absence complète d'échantillons.

Au point de vue des morts-terrains tertiaires, les sondages houillers de la Campine pourraient se diviser en deux grands groupes, celui du Limbourg et celui de la province d'Anvers, s'il n'y avait sur le territoire de celle-ci, à l'extrémité Sud-Est, deux *intrus,* n° 34, Meerhout-Zittaert, et n° 35, Baelen-Hoelst.

Dans la série de la province d'Anvers se trouvent en sous-sol, entre la base de l'étage rupelien et le toit de l'étage landenien, les étages suivants :

Asschien;
Wemmelien;
Ledien;
Laekenien;
Bruxellien;
Paniselo-Ypresien,

([1]) *Ann. des Mines de Belgique,* t. VIII, 1903, p. 278. Voir p. 163 le texte de cette déclaration.

qui font défaut à l'Est de la faille de Tirlemont (1), où l'on ne trouve entre le Rupelien et le Landenien inférieur que l'étage tongrien et le Landenien supérieur.

Le groupe anversois se compose, en suivant les méridiens de l'Ouest à l'Est :

A^1. **N° 38**, Kessel (Lierre);
B^1. **N° 39**, Santhoven;
C^1. **N° 57**, Vlimmeren;
D^1. **N° 37**, Norderwyck;
E^1. **N° 36**, Tongerloo;
F^1. **N° 33**, Westerloo;
G^1. **N° 59**, Oolen;
H^1. **N° 35**, Gheel;
I^1. **N° 58**, Gheel (Écluse n° 7).

Nous nous proposons donc d'établir les coupes probables des sondages composant le premier groupe (2).

Rappelons encore une fois que jamais en Belgique septentrionale les couches tertiaires ne se relèvent vers le Nord.

Partant donc du diagramme central, relié à tous les autres et dans toutes les directions, nous en déduisons les coupes probables suivantes :

Sondage A^1. N° 38. Kessel (Lierre).

Cote + 8.

Le sondage de Kessel fut exécuté sous le parallèle de 51°8′, le même que celui du sondage d'Aartselaar-Solhof. Ce dernier se trouve sur notre *axe géologique* (3) ; il est le plus profond de ceux qui servirent à édifier ce diagramme. Foré à la cote + 16, il a atteint 248m70 de profondeur, soit la cote — 232m70. Exécuté dans la propriété *paternelle*, nous en avons conservé pendant longtemps une superbe collection d'échantillons.

Le n° 38, Kessel, se trouve à 17km5 à l'Est du sondage d'Aartselaar-Solhof.

---

(1) Sauf le Paniselien qui ne dépasse pas la ligne médiane Malines-Louvain.

(2) Nous avons donné les coupes probables dans les *Bulletins* de la Société, t. XVIII, p. 191, séance du 19 juillet 1904. Les nouvelles sont étudiées à fond et les premières légèrement modifiées.

(3) Sur la ligne qui joint la tour de l'hôtel de ville de Bruxelles à la tour de la cathédrale d'Anvers, par mesures astronomiques rigoureuses.

Une ligne tirée du château de Westerloo à Anvers-Fortin (aujourd'hui Nouvel Arsenal militaire, près la gare de Berchem *intra muros*) passe au sondage n° 38.

Nous avons donc deux repères de premier ordre, dont nous tirons la coupe probable du puits de Kessel.

TABLEAU.

	Anvers. ⟵ 17k6	⟶ **Kessel.** ⟵ 19k2	⟶ **Westerloo.**
	—	—	—
Toit de *R2*	— 19m10	(— 38?)	— 38m00
Base de *R2*	— 78 00	(— 87?)	— 95.20
Toit de As	— 101.00	(— 105?)	— 108.60
Base de As	— 152.30	(— 137?)	— 121.40
Toit du Paniselo-Ypresien	— 192.00	(— 180?) très approx.	— 180.00

Cote du sol + 8.	D'après les *Annales des Mines.*	Probable.
—	—	—
Moderne	»	»
Flandrien	5m00	1m00
Diestien	»	5.00
Bolderien	40.00	40.00
Rupelien supérieur	113.00	49 00
Rupelien inférieur	»	19.00
Asschien	»	32.00
Ledien	»	} 40.00
Laekenien	lato sensu 54 m.	
Paniselien	? 25.00	} 142.00
Ypresien	110.00	
Landenien	30.00	50.00
Crétacique	à — 372.00	— 372.00

La coupe des *Annales des Mines* est interprétée par M. Forir.

Motifs justificatifs.

Les trois sondages de notre *Levé géologique de la planchette de Lierre*, très voisins *du n° 38, ont donné :*

	N° 26	**N° 27**	**N° 28**
	—	—	—
Moderne	»	0.20	»
Flandrien	0.30	»	1.05
Diestien	»	Percé sur 1.80	Percé sur 3.95
Bolderien	Percé sur 3.85	»	»

Le n° 38 étant situé entre 27 et 28, nous donnons au Flandrien 1 mètre et au Diestien 5 mètres au n° 38.

De plus, lors de la construction du fort de Lierre, situé sous le parallèle de 51°7′, nous avons observé le Diestien reposant sur le Bolderien (à *Pectunculus pilosus*) [1] en ce point.

Nous admettons la base du Bolderien à la cote — 38, comme dans la coupe des *Annales*. Nous déduisons la base de *R2* des données du tableau *A* = — 86, ainsi que le toit de l'Asschien = — 105 et sa base = — 137. En faisant la moyenne de sa puissance aux deux points de repère, nous trouvons le même chiffre — 105 + 32 = — 137.

Nous estimons que le Ledien et le Laekenien réunis ont, comme à Anvers-Nouvel-Arsenal, environ 40 mètres; il s'ensuit que la base du Laekenien serait à Kessel à — 180.

Enfin, nous estimons aussi que le Landenien peut avoir une cinquantaine de mètres, comme à Malines, chiffre qui, déduit du niveau du Crétacique, met le Paniselo-Ypresien entre les cotes — 180 et — 322; il s'ensuit une épaisseur de 142 mètres.

La puissance du Crétacique, d'après les *Annales des Mines*, est de 193 mètres, répartis comme suit :

Maestrichtien	50	mètres.
Assise de Spiennes	40	—
Assise de Nouvelles.	103	—

puis la sonde a percé :

Carboniférien . .	Assise de Visé	26	mètres.	
	Assise de Dinant. . . .	3	—	
	Indéterminable	18	—	
	Tournaisien	2	—	
Devonien supérieur.	Famennien supérieur . .	9	—	
	Famennien inférieur . .	9	—	
	Frasnien	11	—	
Devonien moyen .	Givetien	51	—	(non percé)

Profondeur totale : 703 mètres.

Le pendage du toit du Primaire, de Malines à Kessel, s'élève à 22 mètres par kilomètre, chiffre considérable; il est basé sur son niveau à Malines, mais *la donnée est des plus incertaines*. De Louvain, où nous avons des *repères très sérieux*, elle n'est que de 10 mètres pour

[1] P. Cogels et O. van Ertborn, *Mélanges géologiques*, p. 85.

le toit du Crétacique et de 15^m2 pour le toit du Primaire. Pour ce dernier, il est de 12^m2 de Kessel à Santhoven et de 15^m8 de Santhoven à Vlimmeren; enfin, de Louvain à Vlimmeren, il est de 13^m7, et de Glimes (1) à Vlimmeren, de 13^m4 sur 74 kilomètres.

Sondage B^1. N° 39. Santhoven.

Le sondage n° 39, Santhoven, est situé sous le même parallèle que celui d'Anvers-Nord-Frigorifères; il ne s'en faut que de 300 mètres et il est à $17^{km}6$ à l'Est de celui-ci.

Nous mettons en regard les deux coupes :

Cote du sol + 10.30.	D'après les *Annales des Mines*.	Probable.
	Mètres.	Mètres.
Poederlien	5.00	5.00
Diestien.	»	46.00
Bolderien	65.00	46.00
Rupelien supérieur . .	180.00	60.00
Rupelien inférieur . .	»	20.00
Asschien	»	63.00
Ledien	»	} 40.00
Laekenien	lato sensu 170.00	
Paniselo-Ypresien. . .	80.00	190.00
Landenien	11.40	40.00
Crétacique	à — 501.00	(— 501.00)

La coupe des *Annales des Mines* est interprétée par M. Forir.

Motifs justificatifs.

Sous le parallèle de 51°14′, le pendage de l'assise rupelienne *R2* vers l'Est est de 3^m2 par kilomètre. Ce qui nous donne d'Anvers-Nord à Santhoven :

Toit de *R2* . . . $-31.2 + 17^k6 \times 3^m20 = -87$

Base de *R2* . . . $-91.5 + 17^k6 \times 3^m20 = -147$

Nous estimons la puissance du Rupelien inférieure à 20 mètres, et celle de l'Asschien à 63 mètres, comme à Anvers-Nord, et celle du Ledien et du Laekenien réunis à 40 mètres; enfin le Landenien à 40 mètres. Il reste donc 190 mètres pour le Paniselo-Ypresien.

Il est évident que l'interprète de la coupe a pris la base de l'Asschien pour celle de l'assise rupelienne *R2*; quant aux 170 mètres de Laeke-

(1) Arrondissement de Nivelles.

nien, tous ceux qui connaissent l'Éocène moyen ne peuvent que se perdre en conjectures sur ce chiffre, et nous considérons la coupe comme tout à fait invraisemblable.

Les *Annales des Mines* nous donnent pour le CRÉTACIQUE :

	Mètres.
Toit du Crétacique	— 501.00
Maestrichtien.	— 0.90
Assise de Spiennes	— 47 70
Assise de Nouvelles	— 150.60
Toit du Houiller.	— 700.30

Le Houiller fut percé sur 140 mètres; on trouva seulement deux couches de houille, dont la puissance totale est de 2m30.

PROFONDEUR TOTALE DU SONDAGE : 850m55.

Hydrologie. — A 505 mètres dans le Landenien : eau jaillissante, 392 mètres cubes par vingt-quatre heures; température : 26°5. Elle contiendrait 12 grammes de sels en dissolution par litre [1]. Degré géothermique : 30 mètres.

Sondage C1. N° 57. Vlimmeren.

Le sondage de Vlimmeren est le plus septentrional de tous les sondages houillers; il a été exécuté par 51°18′ de latitude.

Nous reproduisons ici la coupe publiée par les *Annales des Mines* et la coupe probable :

Cote du sol + 21.50.	D'après les *Annales des Mines*.	Probable.	MERXPLAS.
	Mètres.	Mètres.	Mètres.
Flandrien	2.50	2.50	3.20
Moséen	42.20	»	47.50 { Cromerien et Amstelien.
Amstelien	»	18.00	
Poederlien	»	10.00	15.40
Diestien.	»	70.00	70.00 (non percé).
Bolderien	100.30	45.00	
Rupelien *R2* . . .	{ 140.00	94.00	
Id. *R1* . . .		20.00	
Asschien	»	60.00	
Ledien	»	{ 50.00	
Laekenien	lato sensu 150.00		
Paniselo-Ypresien. .	120.00	180.00	
Landenien	40.00	70.00	
Heersien	24.00	»	
Crétacique	à — 598.00	»	

La coupe des *Annales des Mines* est interprétée par M. Forir.

[1] Extrêmement mauvaise.

Motifs justificatifs.

Cette coupe ne nous paraît guère répondre à la réalité ; nos sondages exécutés pour le levé géologique de la planchette de Lille par 51°16′ de latitude, soit à 2 600 mètres au Sud du sondage n° 57, ont donné les résultats suivants :

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.
Moderne	»	0.90	»	»	1.60	»
Campinien (Flandrien) . . .	3.75	2.35	2.65	1.50	1.10	3 80
Quaternaire fluviatile (Amstelien).	»	»	0.45	»	»	1.70
Scaldisien supérieur (Poederlien) fossilifère ; percé sur . . .	0.50	0.65	0.80	0.60	0.30	0.25

Le gisement type de Poederlé se trouve à 3 600 mètres au Sud de cette ligne de sondages, et à la colonie de Merxplas, le Poederlien se trouve compris entre les cotes — 22 et — 36.

A 3 kilomètres au Nord du n° 57 se trouve la briqueterie où furent découverts les bois de Cervidés incisés et silicifiés. La coupe des *Annales des Mines* porte 42ᵐ2 de Moséen sous 2ᵐ5 de Flandrien ; il n'est guère probable qu'il y aurait eu à Vlimmeren une érosion de 45 mètres de profondeur, dans laquelle se serait déposé le Moséen, comblant cette érosion jusqu'à la surface. En ce point, la série est donc le Flandrien, l'Amstelien, le Poederlien, le Diestien, comme le fait voir la coupe de Merxplas.

Nous trouvons fortement exagérée la puissance donnée au Bolderien, au Rupelien et au Laekenien, et nous doutons fort de la présence du Heersien en sous-sol de Vlimmeren.

Le Crétacique fut atteint à 619 mètres de profondeur, soit à la cote — 597.5. Il consiste en :

	Mètres.
Maestrichtien	3.10
Assise de Spiennes	47.00
Assise de Nouvelles	223.50
Assise de Herve	2.20
Terrain houiller	à — 874.20
Houiller (quatre veinettes) percé sur . .	132.20

Profondeur atteinte : 1 027ᵐ90.

L'interprétation de la coupe est franchement inadmissible. *Il n'y aurait donc pas de Poederlien à Poederlé,* au gisement type ? Un diagramme tracé par les trois points Kessel, Santhoven, Vlimmeren, d'après les coupes des *Annales des Mines,* ne tient pas debout. Les deux repères du diagramme, Louvain et Merxplas, ajoutés le rendent tout à fait invraisemblable.

Sondage D1. N° 37. Norderwyck.

L'interprétation de la coupe de Norderwyck est une des plus étonnantes que les *Annales des Mines* aient publiées; aussi porte-t-elle en note : *Détermination faite par M. A. Rutot, conservateur au Musée d'histoire naturelle, d'après les échantillons qui lui ont été remis et qui ne répondent en rien aux inscriptions du carnet du sondeur.* La nature des terrains traversés est indiquée d'après le carnet du sondeur, on n'avait pas besoin de le dire, on s'en serait aperçu facilement; on lit dans la partie de la coupe consacrée à l'Asschien :

Profondeur en mètres.		Mètres.
à 217.00	Marne dure et *silex*	2.00
à 224.00	Mélange de marne et de *silex* . .	1.15
à 228.00	Id. id. . .	1.20
à 235.00	Marne et *silex*.	1.00
à 239.20	Id.	1.80
à 260.00	Couches avec *silex*	2.00

Enfin, l'Asschien a *192 mètres* de puissance, dans la coupe bien entendu.

Dans l'Éocène supérieur, c'est tout ce qu'il y a de plus extraordinaire, surtout pour nous qui avons percé vingt fois l'Asschien de Saint-Nicolas à Westerloo, sans avoir jamais rien rencontré de semblable; nous considérions cet étage comme absolument *non pierreux* et surtout sans silex.

Le point du sondage n° 37 est situé à 8 kilomètres au Nord-Ouest de notre sondage de Westerloo et à 5 kilomètres à l'Ouest-Nord-Ouest du sondage houiller, n° 36, Tongerloo. On aurait dû interpréter la coupe de Norderwyck d'après celle de Westerloo, plus *les pendages.* On voulut faire mieux; voici les résultats obtenus :

Cote du sol + 17.00.	D'après les *Annales des Mines*.	Probable.	N° 36. Tongerloo.
—	—	—	—
	Mètres.	Mètres.	Mètres.
Terre végétale . . .	0.40	»	»
Diestien.	59.60	87.00	50.00
Anonyme	10.00	»	»
Bolderien	»	30.00	»
Rupelien *R2* . . .	»	80.00	133.00
Id. *R1* . . .	»	20.00	»

Asschien (1) . . .	192.00	20.00	80.00
Anonyme	4.00	»	
Wemmelien . . .	64.00	10.00	
Ledien (2)	118.40	»	
Laekenien	26.60	50.00	
Bruxellien	»		
Paniselo-Ypresien. .	»	58.00	57.00
Landenien	»	70.00	43.00
Heersien	»	50.00	65.00
Crétacique	à — 458.00	»	— 438.00 (3)

D'après les *Annales des Mines*. Coupe probable.

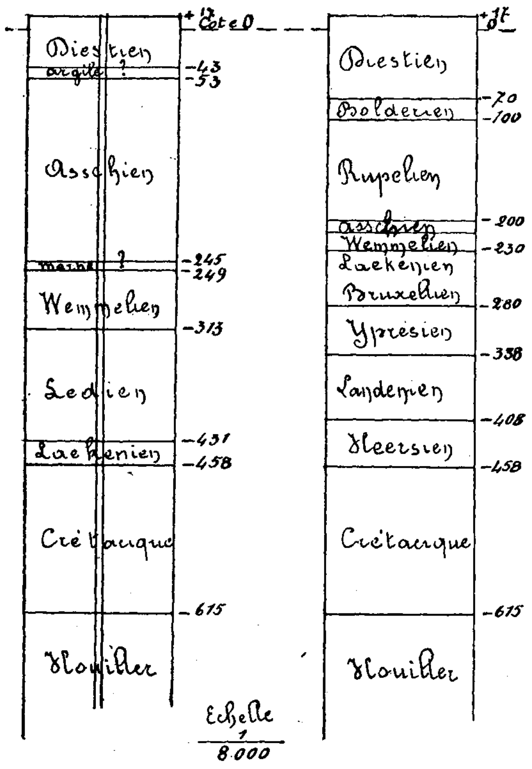


Fig. 2. — Sondage n° 37. Norderwyck.

(1) *Asc* (argile) jusque 140 mètres, puis *Asd* (sables verts avec *N. Wemmelensis*). (Un paquet mal étiqueté probablement... O. v. E.) La première Nummulite fut trouvée à Westerloo à — 125 mètres.

(2) A 434m50 à la base du Ledien : 13m90 de marne gris clair avec *couches de silex*.

(3) Le point est situé à 1 400 mètres plus au Sud.

On remarquera que le Bolderien et le Rupelien font défaut. Cependant, il y a quarante ans environ, au château de Norderwyck, nous avons vu retirer de la cote —180 une *carotte* d'argile contenant la *Cassidaria Nysti* du Rupelien (1). Le baron de T'Serclaes de Norderwyck faisait forer un puits artésien d'après le vieux système à tarière.

Nous mettons dans la troisième colonne la coupe du n° 36, Tongerloo, une coupe assez approximative dressée par le Service géologique.

On remarquera encore que l'Asschien a une puissance de 192 mètres, plus de trois fois plus forte que la plus grande épaisseur que nous lui ayons constatée : 60 mètres à Anvers-Nord-Frigorifères. Le Wemmelien a 64 mètres et le Ledien 118 mètres, épaisseurs non constatées jusqu'à ce jour. Le Laekenien est représenté par 26m60 de marne gris clair, dure, tandis qu'à Westerloo il a son facies habituel, celui du sable avec *N. laevigata* roulées à la base. Enfin, il repose en contact direct sur le Crétacique. Les 165 mètres représentant à Tongerloo l'Ypresien, le Landenien et le Heersien, et les 188 mètres représentant à Westerloo le Bruxellien, l'Ypresien, le Landenien et le Heersien auraient disparu.

Le toit du Crétacique s'infléchit de 110 mètres de Westerloo à Norderwyck, et par un phénomène des plus extraordinaires, celui de l'Asschien a une pente inverse, *il remonte de la cote — 109 à la cote — 53*, ce qui ne s'est jamais vu en Campine.

Au sujet du Crétacique, les *Annales des Mines* nous disent :

	Mètres.
Maestrichtien	62.00
Roche calcaire	69.00
Marne gris clair, dure	26.50
Houiller à — 618m50 percé sur	362.75
Trois couches de houille d'une épaisseur totale de	3.35

PROFONDEUR TOTALE : 995m25.

Hydrologie. — A 490 mètres dans le Maestrichtien, source jaillissant à 15 mètres au-dessus de la surface.

(1) Nous l'avons publié plusieurs fois.

Sondage E1. N° 36. Tongerloo.

Nous avons reproduit dans le tableau du sondage n° 37, Norderwyck, la coupe du n° 36, d'après les *Annales des Mines*, différente, à divers points, de la coupe probable suivante :

Cote + 17.

	Mètres.
Diestien	79.00
Bolderien	18 00
Rupelien	90.00
Asschien et Wemmelien	26.00
Laekenien et Bruxellien	57.00
Ypresien	87.00
Landenien	60.00
Heersien	38.00
Crétacique	— 438.00

Celui-ci est représenté par :

	Mètres.
Maestrichtien	25.00
Assises de Spiennes et de Nouvelles	105.00
Assise de Herve	37.50
Houiller	à — 605.00

Le forage y a pénétré à 183m90 et n'a percé qu'une couche de houille de 1m30 et deux veinettes.

PROFONDEUR TOTALE ATTEINTE : 806m40.

Sondage F1. N° 33. Westerloo.

Cote + 12.50.

Au point de vue géologique, le puits *artésien* de Westerloo fut foré avec des soins méticuleux et sa coupe fut interprétée avec des soins plus méticuleux encore par notre confrère et ami, M. G. Velge [1].

Il a réuni en un seul étage l'argile asschienne au sable wemmelien,

---

(1) *Soc. géol. de Belgique,* t. XXVI. MÉM.

et il n'a pas eu tort. Le Wemmelien, comme le Scaldisien, n'est plus que l'ombre d'un étage, et l'on peut se demander si les différences fauniques sont assez tranchées pour maintenir en division d'étages l'Asschien et le Wemmelien, tandis qu'une division d'assises serait bien suffisante.

Le sondage se fit près de la Nèthe; il a donc rencontré du Quaternaire moyen, ou Campinien.

Notre sonde a percé à Westerloo :

	Mètres.
Quaternaire moyen	12.60
Diestien.	39.75
Rupelien supérieur	61.50
Id. inférieur	6.80
(Asschien) Argile wemmelienne . .	14.80
Sable wemmelien	6.95
Laekenien.	32.00
Bruxellien.	14.80 (non percé)

Le résultat cherché obtenu, une source abondante d'eau très pure ayant été trouvée, on arrêta les travaux. C'est la première fois que le Bruxellien fut atteint en profondeur, et cela sous la classique couche à *N. laevigata* roulées et *verdies*.

A la fin des travaux, on avait atteint la cote —175.20 et l'on était sur le point d'atteindre la base du Bruxellien.

Estimons celle-ci à la cote —180.

Le sondage *houiller* n'atteignit le Crétacique qu'à la cote —348; il reste donc 168 mètres de terrains tertiaires qui, nous semble-t-il, doivent être répartis comme suit :

	Mètres.
Paniselo-Ypresien	76.00
Landenien inférieur	52.00
Heersien	40 00

Le sondage houiller a percé ensuite :

	Mètres.
Maestrichtien	45.00
Assises de Spiennes et de Nouvelles.	141.20

pour atteindre le Houiller à la cote —534, dans lequel on perça 261^{m}70, pour ne rencontrer que trois couches de houille d'une puissance totale de 1^{m}64.

Sondage G[1]. N° 59. Oolen.

Ce sondage a été exécuté à peu près sous le méridien et à 10 kilomètres au Nord de Westerloo et à 6 kilomètres au Nord du n° 36, Tongerloo. L'interprète de la coupe a versé dans la même erreur qu'au n° 37, Norderwyck. Il a pris l'argile rupelienne pour l'argile asschienne; il s'ensuit donc que le toit de l'Asschien, qui, à Westerloo, se trouve à la cote —109, aurait remonté à la cote —84, à 10 kilomètres plus au Nord, tandis que le toit du Crétacique, à la cote —338 à Westerloo, s'est infléchi à la cote —555 à Oolen. De plus encore, il est manifeste que l'étage rupelien existe en sous-sol dans toute cette région, et il ne figure pas dans la coupe d'Oolen. Les puissances de l'Asschien et du Ledien sont exagérées, et surtout celle de l'Ypresien, qui est en décroissance vers l'Est.

Nous voyons figurer des *lits de silex* dans le Landenien et dans le Heersien! ce qui n'est guère *vraisemblable.* Ce dernier nous paraît être du Crétacique; les sondeurs désignent souvent sous le nom de marne, de la craie devenue pâteuse, broyée par l'outil foreur.

Nous mettons en regard les deux coupes :

Cote du sol + 16.	D'après les *Annales des Mines*.	Probable.
—	Mètres.	Mètres.
Flandrien	4.00	4.00
Campinien.	6 00	»
Diestien	90.00	112.00
Bolderien	»	40.00
Rupelien	»	110.00
Asschien	120.00 }	28.00
Wemmelien	» }	
Ledien.	40 00	»
Laekenien.	» }	68.00
Bruxellien.	» }	
Ypresien	194 00	92.00
Landenien.	72.00	62.00
Heersien	45.00 (*)	55.00
Crétacique.	à — 555.00	—555 00

La coupe des *Annales des Mines* a été interprétée par M. Rutot.

(*) Nous semble un peu trop bas, d'après le n° 35 Gheel.

Le Crétacique est représenté par :

	Mètres.
Maestrichtien ou craie de Spiennes .	32 00
Assise de Nouvelles.	105 00
Assise de Herve	24.50
Houiller . . . . à	— 716.50

La sonde y a pénétré à 204 mètres, rencontrant trois couches de charbon d'une puissance totale de 2^m35.

Profondeur totale : 936^m45.

Sondage H¹. N° 35. Gheel.

La coupe publiée par les *Annales des Mines*, l'est d'après les indications du Service géologique. Quoique contenant une partie des terrains rencontrés et existant réellement en sous-sol, elle est trop vague pour être discutée. Quoiqu'elle fut dressée en l'absence de tout échantillon, il nous semble qu'on pouvait faire mieux.

Nous mettons en regard les deux coupes :

Cote du sol + 24.	D'après les *Annales des Mines*.	Probable.
	Mètres.	Mètres.
Diestien	125.00	120.00
Bolderien	»	40.00
Rupelien	136 50	64.00
Tongrien	»	36.00
Éocène moyen	»	36.00
Ypresien		40.00
Landenien.	260.50	132.00
Heersien		55.00
Crétacique.	à — 499.00	— 499.00

La coupe renseigne pour le Crétacique :

	Mètres.
Maestrichtien et assises de Spiennes et de Nouvelles .	168.20
Assise de Herve	86.20
Houiller . . . . à	— 751.20

La sonde a pénétré à 468^m80 dans la formation houillère et a recoupé cinq couches de charbon d'une puissance réunie de 4^m45, soit 1 % des couches percées.

La profondeur totale est de 1 244 mètres.

C'est la plus grande profondeur atteinte en Campine.

Sondage I[1]. N° 58. Gheel, écluse 7.

La coupe générale fournie aux *Annales des Mines* par le Service géologique, ne répond guère à la réalité : l'existence probable du Bolderien et la puissance *absolument exagérée* de l'Asschien, qui se trouve près de sa limite orientale, en font foi.

Le tableau suivant présente les deux coupes :

Cote du sol + 22.	D'après les *Annales des Mines*.	Probable.
	Mètres.	Mètres.
Flandrien	0.50	»
Diestien	164.50	106.00
Bolderien	»	56.00
Rupelien	90.00	100.00
Tongrien	»	42.00
Asschien	115.00	10.00
Laekenien	» }	28.00
Bruxellien.	» }	
Ypresien . . . . }	165.00	20.00
Landenien. . . . . . . }		160.00
Heersien	35.00	48.00
Crétacique.	à – 548.00	— 588.00

D'après les *Annales des Mines*, le Crétacique est représenté par :

	Mètres.
Assises de Spiennes et de Nouvelles.	148.00
Assise de Herve.	135.80
Houiller	à — 832.00

Épaisseur de houiller percée, 161 mètres.
A 1 000m90, traces de houille?
A 1 001m75, traces de houille?
Résultat peu satisfaisant.

PROFONDEUR TOTALE ATTEINTE : 1 014 MÈTRES.

CHAPITRE VIII.

Sondage houiller hors Campine.

PLANCHETTE DE BILSEN.

Sondage n° 44. Hoesselt.

COTE DU SOL + 56.

La coupe, publiée par les *Annales des Mines*, et interprétée par M. Forir, porte :

	Mètres.	
Moderne	4.00	
Rupelien inférieur	3.75	
Tongrien supérieur	18.75	
Tongrien inférieur	3.00	(*fossilifère*)
Crétacique	à + 26.50	
Maestrichtien	70.00	
Assise de Spiennes	14.00	
Assise de Nouvelles	61.00	
Assise de Herve	17.10	
Siluro-Cambrien	à — 135.60	

PROFONDEUR TOTALE ATTEINTE : 229m90.

Quoique le Tongrien soit indiqué comme fossilifère, il nous est difficile, sinon impossible, d'admettre qu'il occupe le fond de la vallée et qu'il soit en contact immédiat avec le Crétacique. En effet, le sondage n° 44 est situé à 4 kilomètres au Nord-Est du Keyberg où nous avons :

	Mètres.
Base du Bolderien	+ 111.00
Base du Rupelien supérieur	+ 104.00
Base du Rupelien inférieur	+ 89.00
Base du Tongrien supérieur	+ 74.00

D'autre part, dans la colline de Waltwilder, située à 3 kilomètres au Nord-Est du n° 44, on a constaté :

	Mètres.
Base du Bolderien	+ 86.00
Base du Rupelien supérieur	+ 77.00
Base du Rupelien inférieur	+ 67 00
Base du Tongrien supérieur	+ 52.00

Enfin, les fameux gisements fossilifères de Berg et de Spauwen se trouvent, le premier à 3 kilomètres à l'Est du sondage n° 44, le Rupelien inférieur y occupe la cote + 108, et le Tongrien supérieur se trouve à Spauwen à la cote + 100, à 4 kilomètres à l'Est-Sud-Est du même n° 44.

Tout le monde connaît les innombrables fossiles de ces célèbres gisements. Ceux-ci sont indiscutés en géologie. Or, nous ne pouvons admettre que le Tongrien et le Rupelien inférieur entourant le point du n° 44 à des cotes très élevées se retrouvent à des cotes basses au même point n° 44.

De plus, les couches devraient se relever vers le Nord pour atteindre leurs niveaux dans la colline de Waltwilder (1), *relèvement qui ne se produit jamais en Belgique septentrionale.* Nous en concluons que c'est par erreur qu'on les a indiquées aux niveaux de Hoesselt et que les fossiles trouvés sont de remaniement quaternaire et de coulage.

Afin d'élucider complètement la question, nous nous sommes adressé à notre collègue et ami M. E. Van den Broeck, spécialiste en matière de Tertiaire supérieur belge, et qui a notamment étudié, en détail, l'*Oligocène* dans toute l'étendue de notre territoire.

M. Van den Broeck nous a fait savoir qu'il partageait entièrement notre manière de voir au sujet de l'inexactitude absolue des interprétations données par M. Forir aux couches tertiaires et recouvrantes du sondage de Hoesselt (planchette de Bilsen), de même qu'il conteste absolument celles données par son confrère liégeois pour la partie supérieure des deux forages artésiens anciens de la région de Lanaeken, sur la planchette, voisine, de Veldwezelt.

Son opinion a été confirmée par l'examen direct et soigneux des échantillons des niveaux en litige, qu'il a pu examiner au Service géologique, où les avait envoyés, à l'effet d'étude, M. Forir. Les soi-disant fossiles *tertiaires* se sont montrés nettement être de simples *éléments roulés et remaniés* analogues, identiques même, dans leur nature et aspect, aux débris de même origine que M. Van den Broeck a l'habitude de constater dans les sondages à main de ses levés géologiques du Limbourg, débris très fréquents dans les dépôts quaternaires de la région. Aucun doute n'est possible sur le bien fondé de

---

(1) La base de *Tg2* devrait du Keyberg s'infléchir de la cote + 74 à la cote + 29 au point du n° 44 Hoesselt, pour remonter ensuite à la cote + 52 dans la colline de Waltwilder.

cette assimilation, facile à contrôler à l'aide des échantillons mêmes de M. Forir.

Chargé, avec le concours de M. Mourlon, du levé géologique de la feuille de Bilsen-Veldwezelt, M. Van den Broeck avait pour devoir de s'éclairer sur les interprétations de M. Forir, et la meilleure base à employer était la revision soigneuse des échantillons fossilifères eux-mêmes. Le résultat a été décisif.

Tout en acceptant, sauf contrôle ultérieur, les données de M. Forir pour les *formations crétacées* du sondage de Hoesselt, M. Van den Broeck a pu interpréter rationnellement, à la suite de son étude des échantillons, la série supérieure de ce sondage, et les indications suivantes, qu'il a bien voulu nous transmettre, sont extraites de ses levés de la feuille de Bilsen, où la coupe ci-dessous se trouve reportée pour interpréter le sondage n° 44 de Hoesselt.

Cote du sol + 56.

	Mètres.		
Tourbe.	4.00	7.80	Moderne et quaternaire (avec Cyrènes et Cérithes remaniées).
Alluvion moderne et quaternaire *q2o* (fossilifère)	3.80		
Tongrien marin (*Tg1c*) . . .	8.00	8.00	Tongrien inférieur.
Marne heersienne (*Hsc*) . . .	4.20	10.70	Heersien.
Sable vert heersien (*Hsb*) . .	6.50		
Infra-heersien ou Maestrichtien?	3.00	3.00	(reste à élucider).
			(Crétacique à + 26.50).
Maestrichtien *Md*.	33.00	71.00	Maestrichtien.
» *Mc*.	21.00		
» *Mb*.	17.00		
Craie de Spiennes *Cp4* . . .	14.00	Sénonien.	
Craie de Nouvelles { *Cp3c* 34, *Cp3b* 19, *Cp3a* 8 }	61.00		
Hervien *Cp2ca*	17.00		
			(Primaire à — 135.60).
Revinien *Rv*	28.00	Revinien.	

M. Van den Broeck nous a montré des esquisses de coupes dressées, les unes d'après l'interprétation ci-dessus des couches supérieures au Crétacé, les autres d'après les interprétations de M. Forir. Ces coupes, amorcées en leurs extrémités, d'après de multiples points d'affleurement de la feuille de Bilsen, montrent à l'évidence — aussi bien celles dirigées N.-S. que E.-W. et par le fait même des anomalies fournies par

l'interprétation de M. Forir — ce que nous avancions plus haut, d'accord avec M. Van den Broeck, à savoir que notre confrère liégeois a été induit en erreur par des *fossiles remaniés* des dépôts supérieurs moderne et quaternaires, non seulement observables dans ceux-ci, mais amenés *par coulage* dans des dépôts sous-jacents, fossiles qu'il a cru se trouver *in situ* aux niveaux où il les a observés. Il doit en avoir été de même pour l'horizon fossilifère observé par M. Forir, de 26 à 29 mètres de la surface, et où, sans doute, il se trouvait, par coulage, des fossiles tongriens descendus de leur gisement réel.

CHAPITRE IX.

Groupe II dit du Limbourg.

Sous-groupe I. — Zeelhem.

A2. — N° 25. TESSENDERLOO-GENENDYK.
B2. — N° 34. MEERHOUT-ZITTAERT.
C2. — N° 56. BAELEN-HOELST.
D2. — N° 28. BEERINGEN.
E. — N° 29. PAEL.

Le premier groupe, dit de la province d'Anvers, comprend neuf sondages; cette série se compose de ceux où l'on trouve, entre la base du Rupelien et le toit du Landenien inférieur, un ou plusieurs étages de la série « Asschien à Ypresien compris ». Il en est deux de la province d'Anvers qui ne font pas partie du premier groupe n° 34, Meerhout-Zittaert, et n° 56, Baelen-Hoelst, situés l'un et l'autre à l'extrémité Sud-Est de la province; ces deux *intrus* font partie du deuxième groupe, dit du Limbourg, parce que leurs morts-terrains tertiaires sont ceux de la seconde série d'étages comprenant les étages suivants :

Amstelien.
Poederlien.
Diestien.
Bolderien.
Rupelien.
Tongrien.
Landenien.
Heersien.

Ces divisions sont basées sur des faits géologiques; les sous-divisions seront arbitraires et établies uniquement pour faciliter les explications. Nous aurons les sous-groupes : 1° de Zeelhem, parce que les sondages sont situés près du méridien de Zeelhem, qui est notre *repère-chef;* 2° de Kermpt-Bolderberg-Heppen-Beverloo, pour les mêmes motifs; 3° de Hasselt; 4° de Genck; 5° d'Asch et 6° de la Meuse. Ces quatre derniers n'ont pas besoin d'explication.

Le sous-groupe de Zeelhem est composé de :

A2. — N° 25. Tessenderloo-Genendyk .	11 ½ kilom. au N. de Zeelhem.
B2. — N° 34. Meerhout-Zittaert	6 kilom. au O.-N.-O. de Tessenderloo.
C2. — N° 56. Baelen-Hoelst.	8 kilom. au N.-N.-E. de Tessenderloo.
D2. — N° 28. Beeringen	10 kilom. au N.-E. de Zeelhem.
E2. — N° 29. Pael.	11 kilom. au N.-N.-E. de Zeelhem.

Nous reproduisons ici la coupe du puits artésien de Zeelhem, qui a servi, conjointement avec trois diagrammes, pour la rectification des coupes des cinq sondages houillers ci-dessus.

Les grès de l'Éocène supérieur et moyen sont parfois très durs, il faut les battre dans du sable mouvant, et l'alésage du trou de sonde (1) est des plus difficiles : il n'y a donc pas d'erreur possible à leur sujet; ils n'ont pas été rencontrés au sondage de Zeelhem, et tous les étages de l'Asschien à l'Ypresien y sont remplacés par le Landenien supérieur et le Tongrien. Nous sommes certain de ne pas avoir atteint le Heersien; l'argile à psammites du Landenien inférieur n'a pas été percée, quoique la sonde y ait pénétré à 57 mètres. Nous avons percé soixante-huit fois cette argile à psammites pour bien la connaître et ne pas nous tromper.

Coupe du Forage de Zeelhem (Château de St-Jans-Berg) (2).

(PLANCHETTE DE DIEST).

Longitude 0°43'15" Est de Bruxelles. Latitude 50°58'8". Cote 20.

Le point est au pied de la colline, contre le *Zwarte Water,* affluent du Démer, qu'il rejoint à Diest; au point du sondage, les deux rivières coulent côte à côte.

(1) *Ann. Soc. géol. de Belg.,* t. XXVI, MÉM. Le puits artésien de Westerloo.
(2) *Ann. Soc. géol. de Belgique,* t. XII, p. 127, BULL.

		Mètres.	
Quaternaire	1° Limon sableux	7.00	
	Cailloux	0.60	
		——	7.60
Diestien	2° Sable glauconifère grossier fossilifère		5.40
	Dentalium costatum Sow. [1].		
	Ostrea princeps? (Un fragment.)		
	Anomya sp.		
	Pectunculus glycimeris L.		
	Cardium decorticatum J. Sow.		
	Astarte Omaliusi Lajonk.		
	Cardita chamæformis Leath.		
	Cytherea Chione? L. (Un fragment.)		
	Turbinolia sp.?		
	Lamna elegans Ag.		
	Lamna sp.? (A cône lisse.)		
	Otodus sp.?		
	Galeocerdo sp. (Un fragment.)		
	Cailloux de silex roulés		0.15
Rupelien supérieur	3° Argile plastique; à $28^{m}50$, un Septaria de $1^{m}25$ d'épaisseur		31.85
Rupelien inférieur	4° Sable vert fossilifère; source débitant au sol 65 litres par minute	11.00	
	Pecten Hœninghausi Defr. [1].		
	Cardita Kickxi Nyst.		
	Stalagmium sp. (nouveau) abondant [2].		
	Galets de silex plats et noirs	2.00	
		——	13 00
Tongrien inférieur	5° Argile sableuse	18.40	
	Argile blanchâtre avec zones concrétionnées	3.10	
	Sable verdâtre grossier, renfermant des rognons de grès. (Source débitant au sol 160 litres par minute.).	9.85	
		——	31.35
	A REPORTER		89.35

(1) Détermination de M. G. Vincent.

(2) Les *Stalagmium* nouveaux sont au Musée d'histoire naturelle de Bruxelles et n'ont pas encore été décrits.

			Mètres.
	Report. . .		89.35
Landenien supérieur.	6° Argile blanchâtre concrétionnée . .	1.10	
	Argile sableuse	15.55	
	Argile brune	14 00	
	Argile brune plastique	4 00	
	Argilite bigarrée, brune, verte, blanche	5 00	
	Sable blanc très grossier .	14 00	
	(Le débit de la source s'élève à 305 litres par minute.)	——	53.65
Landenien inférieur .	7° Argile gris foncé, parfois plastique, parfois concrétionnée et renfermant vingt-deux bancs de psammites, régulièrement répartis dans la masse et d'une épaisseur de $0^{m}10$ à $0^{m}30$ (non percée)		57.00
			200.00

Le diagramme suivant le méridien de Zeelhem part de Wamont lez-Landen, où nous avons la coupe suivante :

WAMONT (Cote + 90) (1).

			Mètres.
Q . .	Limon avec cailloux à la base		14.00
L1 . .	Argile bleue à psammites	4 00	
	Marne grisâtre à psammites	14 00	
	La même, plus pâle	6.00	
		——	24.00
Hs. .	Marne noirâtre.		10 50
Prétertiaire.	Silex roulés et verdis (2)		0.40
	Craie blanche		33.24
	Quartzophyllades		127.36
			209.50

A $11^{km}5$ plus au Nord, le diagramme atteint Léau.

A l'hospice civil, nous avons eu :

Cote + 29.

		Mètres.
	Moderne et Quaternaire	8.60
L1.	Argile bleuâtre à psammites	35.00
	Craie blanche.	

(1) *Société royale malacologique de Belgique,* t. XXIV, p. CLIV.

(2) On constate ici que les *silex verdis* sont non à la base du Landenien, mais bien à celle du Heersien, et sont donc indépendants de ces deux étages.

Et enfin, à $15^{klm}2$ au Nord de Léau, il atteint Zeelhem, puis continue sa marche vers le Nord pour s'arrêter au sondage houiller n° 58 (Gheel, écl. n° 7), après un parcours de 52 kilomètres.

Jamais, chemin faisant, on n'a aperçu de traces des étages occidentaux, de l'Asschien à l'Ypresien compris.

Nous constatons dans cettte zone :

Pendage kilométrique vers le Nord.

	Wamont.	N° 25. Tessenderloo.
	Mètres.	Mètres.
Toit du Crétacique	+ 41.10	— 396.00
Toit du Primaire	+ 7.86	— 620.50

La distance de 37 kilomètres nous donne :

	Mètres.
Pendage du toit du Crétacique	11.80
Pendage du toit du Primaire	17.00

Nous aurions donc à Zeelhem :

	Mètres.
Le toit du Crétacique à	— 272.00
Le toit du Primaire à	— 442.00

Or, la sonde n'a atteint que la cote — 180 à Zeelhem ; en admettant 30 mètres pour la puissance du Heersien, la base du Landenien se trouverait à la cote — 222 et nous aurions pour la puissance totale du Landenien 152^m6.

Le toit du Crétacique se trouve à Kermpt à la cote — 139, et à Hasselt à la cote — 124, à très peu près sous le même parallèle ; il doit donc y avoir une fosse de plus de 100 mètres en dessous de Zeelhem.

Il existe donc incontestablement une faille dans cette zone.

Sondage A². N° 25. Tessenderloo-Genendijk.

La coupe du sondage a été déterminée par le Service géologique en l'absence complète d'échantillons ; nous nous contenterons donc de mettre en regard les deux coupes probables :

Cote du sol + 24.	D'après les *Annales des Mines*.	Probable.
	Mètres.	Mètres.
Diestien	203 00	66.00
Bolderien		54.00
Rupelien R2	132.40	56.00
Rupelien R1		16.00
Tongrien		78.00
Landenien	84 00	112.00
Heersien		44.00
Crétacique	à — 396 00	— 396.00

Les *Annales des Mines* renseignent pour le Crétacique :

	Mètres.
Maestrichtien	23.00
Maestrichtien et Sénonien	201.50
Houiller	à — 620.50

La sonde y a pénétré à 306m50 et a percé quatre couches de charbon d'une puissance totale de 3m59, soit 1.2 % des roches percées.

Profondeur totale atteinte : 951 mètres.

Sondage B². N° 34. Meerhout-Zittaert.

Cette coupe ne donne lieu à aucune observation spéciale. On émet avec doute qu'une partie de l'argile, vers 300 mètres, soit éocène. C'est absolument improbable; l'argile asschienne est trop réduite à Westerloo (15 mètres) pour qu'elle puisse s'étendre jusqu'au point du sondage situé à 12 kilomètres au Nord-Est.

Cote du sol + 24.	D'après les *Annales des Mines*.	Probable.
	Mètres.	Mètres.
Moderne	1.00	»
Campinien	3.00	»
Diestien	64.80	92.00
Bolderien	31.20	64.00
Rupelien R2	123.90	76.00
Rupelien R1		22.00
Tongrien	171.00	70.00
Landenien inférieur	26.50	116 00
Heersien	62.50?	44.00
Crétacique	— 460.00	— 460.00

La coupe des *Annales des Mines* a été interprétée par M. Forir.

Le Crétacique comprend :

	Mètres.
Maestrichtien	49.15
Assise de Spiennes	11.20
Assise de Nouvelles	113.00
Assise de Herve	49.00
Houiller	à — 683.00

Il fut percé sur 182m40. La sonde rencontra quatre veinettes.

Profondeur totale atteinte : 889m40.

Hydrologie. — Source jaillissante à 480 mètres.

Sondage C². N° 56. Baelen-Hoelst.

La détermination a été faite par le Service géologique en l'absence de tout échantillon. Nous donnons les deux coupes probables :

Cote du sol + 29.	D'après les *Annales des Mines.*	Probable.
—	—	—
	Mètres.	Mètres.
Diestien	130.00	93.00
Bolderien	»	64 00
Rupelien.	320.00	102.00
Tongrien		80.00
Landenien	54.00	131.00
Heersien.	16.00 ?	50.00
Crétacique	— 491.00	— 491.00

Le Crétacique est représenté par :

	Mètres.
Maestrichtien	50.00
Assise de Spiennes	20.00
Assise de Nouvelles	148.00
Assise de Herve	40.00
Houiller	à — 759.00

La sonde a pénétré à 327 mètres dans le Houiller et a rencontré trois couches de charbon d'une puissance totale de 2m18, soit 0m66 de charbon par 100 mètres de roches percées.

Meerhout-Zittaert et Baelen-Hoelst, les deux *intrus*, étaient frappés de malédiction : Zittaert, le poste le plus avancé, obtient 0 °/₀ de charbon par 100 mètres (c'est un record) et Hoelst 0.66 °/₀, comme fiche de consolation, plus un petit dégagement de grisou.

Pour arriver à ce résultat si peu encourageant, on est parvenu à 1 115^{m}62 au-dessous de la surface.

PROFONDEUR TOTALE ATTEINTE : 1115^{m}62.

Sondage D^{2}. N° 28. Beeringen.

Une bonne coupe publiée par les *Annales des Mines;* malheureusement, on a joint *Tg1* à *R2*, ce qui donne à *R2* une puissance démesurée.

A 10 kilomètres seulement au Nord-Est de Zeelhem, dont évidemment la bienfaisante influence s'est fait sentir.

Cote du sol + 28.	D'après les *Annales des Mines.*	Probable.
	Mètres.	Mètres.
Moderne	4.00	»
Diestien	54.50	48.00
Bolderien	22.50	56.00
Rupelien	137.00	72.00
Tongrien	»	40.00
Landenien supérieur	62.00 (1)	60.00
Landenien inférieur	10.00	
Heersien	42.00	56.00
Crétacique	— 304.00	— 304.00

La coupe des *Annales des Mines* a été interprétée par M. Forir.

Le CRÉTACIQUE comprend :

	Mètres.
Maestrichtien	41.84
Maestrichtien et Assise de Spiennes	26.16
Assise de Nouvelles	111.00
Assise de Herve	45.50
HOUILLER	à — 558.50

Percé sur 466 mètres, le Houiller contient en ce point cinq couches de charbon d'une puissance totale de 3^{m}56, soit 0^{m}76 par 100 mètres, *0^{m}10 de plus* qu'à Baelen-Hoelst.

Hydrologie. — Source jaillissante à 332 mètres.

PROFONDEUR TOTALE : 1022^{m}41.

(1) Sable blanc; à Zeelhem il n'y en a que 14 mètres sur 53 mètres de Landenien supérieur.

Sondage E². N° 29. Pael.

A première vue, le toit du Crétacique occupe un niveau anormal, ce qui nous force à faire une enquête dans le voisinage.

Nous avons à

	Puissance du Crétacé.
	Mètres.
25. Tessenderloo	225.00
34. Meerhout	223.00
56. Baelen	268 00
28. Beeringen	254.00

et un peu plus à l'Ouest,

Coursel-Kleine-Heyde	236.00

Soit une puissance moyenne de 240 mètres, et à Pael on ne lui donne que 96 mètres.

L'allure du toit du Houiller est très régulière, sinon on aurait pu croire que la cassure de Zeelhem passait par là.

Enfin, les érosions ne paraissent pas avoir causé de forts ravages en grandes profondeurs; il s'ensuit que le sondeur a foré plus de 100 mètres dans la craie sans s'en apercevoir, ce qui s'était déjà produit, *la sonde évitant avec intelligence de heurter les silex*. Cette heureuse chance, pour le sondeur, mit le géologue en singulière posture, et il inscrivit le Landenien en plein Crétacique.

Nous estimons que le toit de celui-ci se trouve, à Pael, à la cote — 340 (1) et sa puissance à 223 mètres.

Cote du sol + 32.	D'après les *Annales des Mines*.	Probable.
	Mètres.	Mètres.
Diestien	100 00	80.00
Bolderien	»	52.00
Rupelien	110.00	78 00
Tongrien	200.00	40.00
Landenien	40.00	72.00
Heersien	50 00	40.00
Crétacique	à — 462.00	— 340.00

(1) D'après le diagramme auxiliaire de 26 Bolderberg à 25 Tessenderloo.

Le CRÉTACIQUE est représenté par 105 mètres?

		Mètres.
Maestrichtien		59.00
Assise de Nouvelles		37.00
Assise de Herve		9.00
HOUILLER	à	— 573.00

dans lequel on a foré 317^{m}30; la sonde a recoupé cinq couches de houille d'une puissance totale de 4^{m}78, soit 1 $^{1}/_{2}$ % des roches percées. La situation s'améliore donc dans ces parages.

PROFONDEUR TOTALE ATTEINTE : 922^{m}30

La coupe des *Annales des Mines* a été interprétée par M. *Rutot,* qui toutefois a émis des réserves au sujet de l'exactitude des indications du carnet du sondeur.

CHAPITRE X.

Sous-groupe II. — Kermpt-Bolderberg à Heppen-Beverloo.

A3. — N° 26. BOLDERBERG.
B3. — N° 17. ZOLDER.
C3. — N° 22. ZOLDER (DE THEUX).
D3. — N° 23. ZOLDER-VOORTER-HEYDE.
E3. — N° 27. HEUSDEN-UBBERSEL.
F3. — N° 48. COURSEL.
G3. — N° 54. COURSEL-KLEINE-HEYDE.
H3. — N° 55. COURSEL-SCHAUS.
I3. — N° 62. HEPPEN-BEVERLOO.

Notre grand diagramme 6, ayant son point de départ à la station de Gingelom, à notre sondage de la sucrerie, passe au château du duc de Looz (toit du Primaire à — 25), au château de Nieuwenhoven, à Nieuwerkerke, où nous constatons :

		Mètres.
Crétacique	à	— 54.40
Primaire	à	— 164.50

pour atteindre notre sondage de Kermpt (distillerie), près de la gare, dont voici la coupe :

COTE DU SOL + 32.

			Mètres.
Flandrien			1.10
Rupelien	*R2*		42.90
	R1		7.00
Tongrien			29.00
Landenien			50.40
Heersien			40.50
Crétacique		à	— 139.00

Prolongé, il atteignait à 6 kilomètres au Nord la colline classique du Bolderberg, où le contact du Diestien sur le Bolderien est à la cote + 48. Le Bolderberg était son point terminus.

Les sondages houillers ont permis de le prolonger encore par

n° 26, Bolderberg;

n° 54, Coursel-Kleine-Heyde;

jusqu'au n° 62, Heppen, près du camp de Beverloo.

Son développement actuel est de 41 kilomètres.

La monotone série de Zeelhem a pris fin; espérons que celle de Bolderberg à Heppen-Beverloo nous ménagera quelques surprises. Le lieu est plein de souvenirs; dans la série, le Bolderberg, qui a donné son nom à l'un de nos étages tertiaires, s'y trouve en tête. Qui n'a visité la célèbre colline au moins dix fois, démantibulé la tranchée pour recueillir des fossiles bolderiens d'une part, brisé 50 mètres cubes de grès diestien de l'autre, pour recueillir un moule de *Terebratula grandis*, et n'a rompu, enfin, quelques lances en faveur de son opinion, celui-là n'est pas géologue !

Que le sable jaune du Bolderberg n'ait pas figuré dans le Moséen, c'est un oubli impardonnable; on lui devait une réparation. Les anciens le rangeaient dans l'Oligocène supérieur, nos contemporains dans le Miocène; le voilà Quaternaire supérieur; *Flandrien*, comme nous le verrons au n° 17.

En dessous de la célèbre colline, d'après le sondage n° 26, Bolderberg, exécuté à 1 kilomètre au Nord, le toit de l'argile rupelienne se trouverait à la cote 0 environ, le pendage serait assez fort. Au pied du Bolderberg, nous avons vainement tenté de l'atteindre avec une sonde à main et M. Van den Broeck ne fut pas plus heureux. Lors du levé géologique de la planchette de Kermpt-Bolderberg, au sondage n° 24, à Zuylt, à 4,500 mètres au Sud du Bolderberg, ce toit se trouvait à + 31.50 sous $1^{m}35$ de Flandrien; le pendage kilométrique vers le Nord serait donc de 7 mètres et la puissance totale de l'étage au Bolderberg de 48 mètres.

Sondage A^3. N° 26. Bolderberg.

De tous les sondages houillers, la coupe du n° 26 était la plus facile à dresser; il suffisait de superposer la coupe de la colline à la coupe du puits artésien de Kermpt, situé à 5 kilomètres au Sud, en ajoutant à chaque étage son épaississement proportionnel vers le Nord.

En l'absence de tout échantillon, le Service géologique a préféré

déduire la coupe de celle du n° 22, situé à 1,500 mètres au Nord-Est.

Le tableau ci-après présente les deux coupes probables; elles diffèrent très peu. Nous avons toutefois peine à croire à 14 mètres de Quaternaire; au Bolderberg, le Tertiaire est au sol et le gravier flandrien aura probablement *coulé* au n° 22.

Cote du sol + 35.	D'après les *Annales des Mines*.	Probable.
—	—	—
	Mètres.	Mètres.
Quaternaire.	14.00	4.00
Bolderien	35.00	45.00
Rupelien	71.00	60.00
Tongrien	40.00	38 00
Landenien	50.00	53.00
Heersien.	40 00	50.00
Crétacique	— 215.00	— 215.00

Le Crétacique est représenté par :

	Mètres.
Maestrichtien	30.00
Assise de Spiennes	60.00
Assise de Nouvelles	100.00
Assise de Herve	56.00
Houiller	à — 461.00

Le forage a percé 189 mètres de terrain houiller et a recoupé cinq couches de charbon d'une puissance totale de 3m67, soit environ 2 mètres pour 100 mètres de roche percée.

Hydrologie. — A 270 mètres, source jaillissante.

Sondage B3. N° 17. Zolder.

Le sondage n° 17 est situé à 2,500 mètres au Nord-Est du Bolderberg (1) et dans son *rayon géologique*. La coupe, interprétée par M. Rutot, ne nous paraît pas répondre à la réalité. En effet, elle ne comprend pas le Bolderien, remplacé par 40 mètres de Flandrien. L'auteur donne 262 mètres au Rupelien; le Tongrien n'est pas indiqué, et le Landenien et le Heersien ne sont représentés que par 28 mètres.

(1) De la tranchée classique.

Nous mettons ici les deux coupes en regard :

D'après les *Annales des Mines*. — Coupe probable.

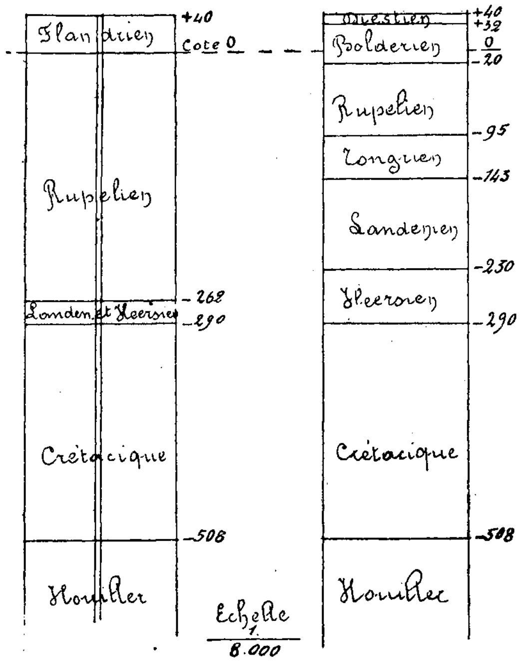


Fig. 3. — Sondage n° 17. Zolder.

Cote du sol + 40.	D'après les *Annales des Mines*.	Probable.
	Mètres.	Mètres.
Flandrien	40.00	?
Diestien	»	8.00
Bolderien	»	52.00
Rupelien	262.00	75 00
Tongrien	»	48.00
Landenien	28.00 (Landenien et Heersien)	87.00
Heersien		60 00
Crétacique	à — 290.00	— 290.00

Le Crétacique est représenté par :

	Mètres.
Maestrichtien	72.00
Assise de Spiennes	84.00
Assise de Nouvelles	39.30
Craie d'Obourg (assise de Nouvelles)	22.80
Toit du Houiller	à — 508.00

On a trouvé en ce point $5^{m}25$ de charbon, en six couches, pour $162^{m}15$ de roches percées, soit $3^{m}20$ par 100 mètres.

PROFONDEUR TOTALE ATTEINTE : $710^{m}15$.

Sondage C3. N° 22. Zolder (de Theux).

Le sondage n° 22 est situé à 2 kilomètres au Nord-Ouest du Bolderberg [1]. L'interprétation de sa coupe par le Service géologique est à peu près conforme à la réalité.

Le tableau ci-dessous confirme cette manière de voir.

Cote du sol + 32.	D'après les *Annales des Mines*.	Probable.
—	—	—
	Mètres.	Mètres.
Diestien	50.00	5.00
Bolderien		59.00
Rupelien	130.00	68.00
Tongrien		42.00
Landenien	60.00	66.00
Heersien	50.00	50 00
Crétacique	— 258 00	— 258 00

Le CRÉTACIQUE est représenté par :

	Mètres.
Maestrichtien	20.00
Assise de Spiennes	30 00
Assise de Nouvelles	140.00
Assise de Herve	55.00
HOUILLER, à la cote	— 473.00

La sonde y a pénétré à 246 mètres, en recoupant trois couches de charbon, d'une puissance totale de $1^{m}77$, soit 0.72 % des roches percées.

PROFONDEUR TOTALE ATTEINTE : $751^{m}80$.

---

(1) De la tranchée classique.

Sondage D³. N° 23. Zolder-Voorter-Heyde.

Le sondage n° 23 est situé à 2 1/2 kilomètres au niveau Nord-Est du n° 17 et à 5 kilomètres du Bolderberg (1).

La coupe a été interprétée par le Service géologique, sans échantillons et sans renseignements précis. Il règne des doutes sur le niveau occupé par le toit du Crétacique. Nous estimons son niveau à — 300, d'après le diagramme tracé du n° 26 au n° 61. Une épaisseur de 13m50 nous paraît beaucoup pour le Flandrien.

Cote du sol + 52.5.	D'après les *Annales des Mines.*	Probable.
	Mètres.	Mètres.
Flandrien	13.50	?
Diestien.	37 00	56.50
Bolderien	60.00	32.00
Rupelien *R2*	140.00 (Rupelien R2, R1, Tongrien)	56.00
Rupelien *R1*		20.00
Tongrien		48.00
Landenien	40.00	80.00
Heersien	52.00?	60.00
Crétacique	à — 300.00?	— 300.00?

La puissance du Crétacique serait donc de 258 mètres, sans couches déterminées, faute d'échantillons.

Le toit du Houiller est à — 558. Celui-ci fut percé sur 227 mètres. Il a fourni onze couches de charbon, d'une puissance totale de 12m25, soit 5m4 par 100 mètres de roches percées.

Profondeur totale atteinte : 837m80.

Sondage E³. N° 27. Heusden-Ubbersel.

Le sondage n° 27 est situé à 2 kilomètres au Nord-Ouest du n° 22 et à 4 kilomètres du Bolderberg (2). Les déterminations, faites par le Service géologique, sont bien vagues; nous tâcherons de les compléter.

(1) De la tranchée classique.
(2) De la tranchée classique.

Cote du sol + 32.	D'après les *Annales des Mines.*	Probable.
	—	—
	Mètres.	Mètres.
Diestien	45.00	32.00
Bolderien	53.00	60 00
Rupelien	200.00	64.00
Tongrien		40.00
Landenien		50.00
Heersien		54.00
Crétacique	— 268.00	268.00

Le niveau occupé par le Crétacique laisse de l'incertitude, mais il y a tout lieu de croire qu'il se trouve à 300 mètres, soit à la cote — 268.

Le Houiller est à. . . . . — 495

La sonde y a pénétré à 483 mètres et a percé six couches de houille d'une puissance totale de $3^{m}20$, soit 0.66 °/₀ des roches percées.

La profondeur totale du sondage est de $1,002^{m}86$.

Hydrologie. — Source abondante entre 377 et 379 mètres.

Sondages n° 48 Coursel, n° 54 Coursel-Kleine-Heyde, n° 55 Coursel-Schans et n° 62 Heppen.

Ces quatre sondages sont voisins du Camp de Beverloo. Les coupes présentent de grandes divergences. Celles des n°s 48, 54 et 62 ont été interprétées par M. Forir, et la coupe n° 55 par le Service géologique.

Cette dernière est la moins improbable.

Le n° 48 est situé à environ 1,200 mètres du n° 55; du n° 55 au n° 54, il y a 3,800 mètres; enfin, du n° 54 au n° 62, situé directement au Nord, il y a 3 kilomètres. On trouve dans la série des étages indiqués sous les n°s 48, 54 et 62, des couches qui n'ont jamais été signalées en Limbourg.

L'Asschien, le Laekenien, le Bruxellien et l'Ypresien figurent dans ces coupes; aux n°s 62 et 54, le Laekenien n'aurait que 1 mètre, tandis qu'il en est indiqué 123 mètres au n° 48. A aussi courte distance, cela nous paraît une impossibilité.

	D'APRÈS LES *ANNALES DES MINES.*				PROBABLES.			
	N° 62. HEPPEN.	N° 54. COURSEL-KLEINE-HEYDE.	N° 48. COURSEL.	N° 55. COURSEL-SCHANS.	N° 55.	N° 48.	N° 54.	N° 62.
COTE DU SOL	+ 41.5	+ 39	+ 39	+ 43				
Moderne	1.00	0.50	0.60	»	»	»	»	»
Poederlien	16.00	25.50	»	»	»	»	»	»
Diestien	16.00	64.00	14.40	110.00	65.00	49.00	60.00	93.00
Bolderien	121.00	35.00	110.00	»	50.00	50.00	52 00	52.00
Rupelien *R2*.	111.00	59.00	115.00	130.00	72.00	72.00	80.00	78.00
Rupelien *R1*.	15.00	21.00						
Tongrien *Tg2*	8.00	5.00	»		50.00	50.00	48.00	40.00
Tongrien *Tg1*	37.00	132.00	»					
Asschien	»	18.00	»	»	»	»	»	»
Laekenien	1.00	1.00	120 00	»	»	»	»	»
Bruxellien	19.00	29.00	»	»	»	»	»	»
Ypresien	25.00	48.00	»	»	»	»	»	»
Landenien *L2*	35.00	4.00	»	130.00	88.00	89.00	90.00	108.00
Landenien *L1*		28.00	»					
Heersien	26.00	20.00	»	55.00	50.00	50.00	50.00	60.00
Crétacique à.	— 390.00	— 330.00	— 321.00	— 382.00				
Houiller à	— 651.00	— 586.00	— 570.00	— 599.00				

La présence du Poederlien en ces points à des cotes peu élevées (+ 40) nous paraît bien invraisemblable au Sud du Camp de Beverloo.

Enfin, le Service géologique ne renseignant ni l'Asschien, ni le Laekenien, ni le Bruxellien, ni l'Ypresien dans cette zone de la Campine, nous nous rangeons à son avis.

Le toit du Bolderien se trouve indiqué aussi à des niveaux peu vraisemblables, comme le démontre le tableau suivant :

	Au n° 54.	Au n° 62.	DIFFÉRENCE.
	Mètres.	Mètres.	Mètres.
Toit du Bolderien à . .	— 51.0	+ 8.5 =	+ 59.5
Toit du Crétacique à .	— 330.0	— 390.0 =	— 60.0
Toit du Houiller à . .	— 586.0	— 651.0 =	— 65.0

D'après les *Annales des Mines*. Coupe probable.

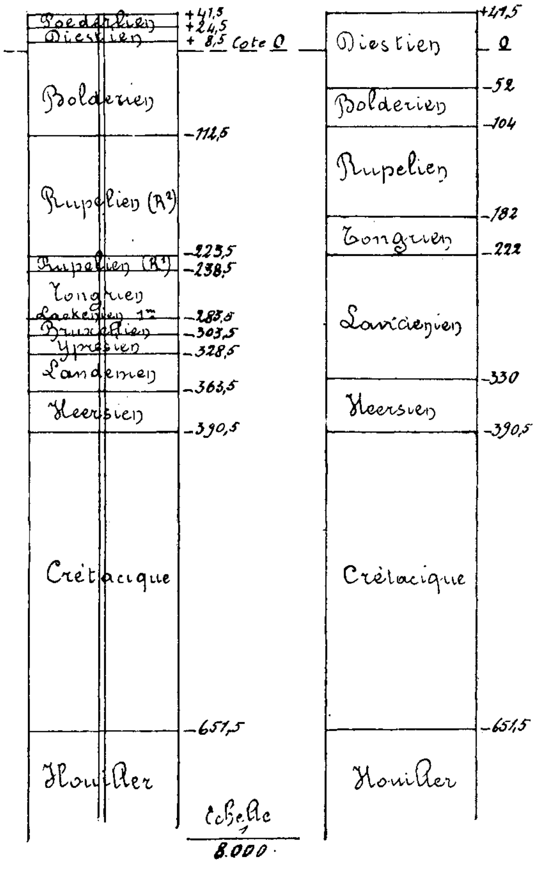


Fig. 4. — SONDAGE N° 62. HEPPEN.

Tandis que le Crétacique et le Houiller s'infléchissent chacun d'une soixantaine de mètres vers le Nord, le Bolderien, au contraire, remonterait d'autant dans la *même direction. Et nous qui avons signalé, à bien des reprises différentes, que jamais nos Tertiaires ne se relèvent vers le Nord !*

L'erreur d'interprétation est donc manifeste. Nous en avons dit suffisamment sur les étages tertiaires, le lecteur en jugera par lui-même.

D'ailleurs, les interprétations si différentes du n° 62 Heppen, par exemple, fournies par M. Forir et par nous-même, sont schématisées graphiquement par la figure 4 ci-contre.

Voici maintenant les données fournies par les *Annales des Mines* au sujet des assises crétaciques de ces quatre forages.

Sondage F³. N° 48. Coursel (1).

D'après les *Annales des Mines*, le Crétacique comprendrait en ce point :

	Mètres.
Maestrichtien	58.45
Assise de Spiennes	71.00
Assise de Nouvelles	69.00
Assise de Herve	69.00
Houiller	à — 570

La sonde y a pénétré à 296m5 et a percé seize couches de houille d'une puissance totale de 16m17, soit 5m2 par 100 mètres de roches.

Profondeur totale : 905m59

Sondage G³. N° 54. Coursel-Kleine-Heyde (2).

Le Crétacique, d'après les *Annales des Mines*, serait représenté par :

	Mètres.
Maestrichtien	29.00
Assise de Spiennes	44.00
Assise de Nouvelles	117.00
Assise de Herve	46.00
Houiller	à — 586.00

---

(1) Pour les dépôts supérieurs (Tertiaire, etc.), voyez le tableau précédent, p. 201.

(2) Pour les dépôts tertiaires de ce forage et de ceux qui suivent, voyez le tableau de la page 201.

Celui-ci fut percé sur 100 mètres et a fourni six couches de charbon d'une puissance totale de 6m76; ce qui donne un pourcentage de 6m76.

PROFONDEUR TOTALE ATTEINTE : 726 MÈTRES.

Hydrologie. — A 384 mètres, source de 6 litres par seconde, et à 442 mètres, source donnant la même quantité.

Sondage H3. N° 55. Coursel-Schans.

Le CRÉTACIQUE serait représenté par :

	Mètres.
Maestrichtien	75.00
Assises de Spiennes et de Nouvelles	110.00
Assise de Herve	32.00
HOUILLER	à — 399.00

Percé sur 144 mètres, le Houiller a fourni trois couches de houille d'une puissance de 3m40, soit 2.40 °/o de roches percées.

PROFONDEUR TOTALE ATTEINTE : 786m8.

Sondage I3. N° 62. Heppen.

Le CRÉTACIQUE serait représenté par :

	Mètres.
Assise de Spiennes	37.00
Assise de Nouvelles	204.00 (1)
Assise de Herve	21 00
HOUILLER	à — 651.50

La sonde y a pénétré à 107 mètres en recoupant onze couches de charbon d'une puissance totale de 9m21 ; le pourcentage est fort : 8.60.

On continue le sondage.

Hydrologie. — A 431 mètres, source de 5 litres par seconde.

(1) Il n'y en a que 117 mètres au n° 54.

CHAPITRE XI.

Sous-groupe III. — Hasselt et Diepenbeek.

HASSELT.	**DIEPENBEEK.**
A4. — N° 16. ZONHOVEN.	*E4.* — N° 18. ZONHOVEN-DAALHEYDE.
B4. — N° 7. HOUTHAELEN.	*F4.* — N° 47. KELGTERHOF-HOUTHAELEN.
C4. — N° 19. HELCHTEREN.	*G4.* — N° 30. MEEUWEN.
D4. — N° 60. HELCHTEREN-KRUYSVEN.	

Ce sous-groupe est interprété d'après deux petits diagrammes, l'un de Hasselt au n° 60, Helchteren-Kruysven; l'autre de Diepenbeek au n° 30, Meeuwen.

La tête du premier est à la station de Hasselt, où l'on fora jadis un puits artésien dont la coupe fut interprétée par Dumont.

Le second a son point de départ à Diepenbeek, où seul le niveau du toit du Crétacique est bien connu; le reste de la coupe que nous avons publiée est reconstitué d'après celles des forages voisins.

Nous pourrions prolonger ces diagrammes bien loin au Sud, en faisant aboutir le premier à Rosoux-Goyer, où nous avons fait un forage de 73 mètres, mais la chose nous paraît inutile.

Coupe du puits artésien de la gare de Hasselt, par A. Dumont (1).

(Résumé.)

Cote du sol + 41.65.

		Mètres.
Moderne et Quaternaire		9.15
Rupelien	Assise supérieure	34.20
	Assise inférieure	10 25
Tongrien		21.95
Landenien.	Assise supérieure	25.85
	Assise inférieure	28.10
Heersien		32.05
Maestrichtien, percé sur		3.40
		164.95

L'interprétation des coupes dans ce sous-groupe est sensiblement meilleure, d'autant plus que la plupart d'entre elles sont dressées par

(1) M. Mourlon, *Géologie de la Belgique.*

le Service géologique; on s'aperçoit tout de suite dans les autres cas que l'auteur n'use pas de grands diagrammes. Ainsi au n° 16, situé à 6 kilomètres de Hasselt, on renseigne 168 mètres de Rupelien, tandis qu'il est notoire qu'il n'y en a que 44 à Hasselt.

Sondage A⁴. N° 16. Zonhoven.

C'est précisément de ce sondage que nous venons de parler; nous n'en dirons pas davantage.

Cote du sol + 40.	D'après les *Annales des Mines.*	Probable.
—	—	—
	Mètres.	Mètres.
Flandrien.	2.00	»
Diestien	»	20.00
Bolderien.	»	20 00
Rupelien	168.00	66.00
Tongrien	30.00	40.00
Landenien	68.00	82.00
Heersien		40.00
Crétacique	— 228.00	— 228.00

Le Crétacique est représenté par :

	Mètres.
Sénonien.	21.00
Craie de Nouvelles de 390 à 415 . .	125.00
Craie d'Obourg (grès vert-noir) . .	5.00
Base du Sénonien entre 420 et 430 .	
Hervien de 430 à 474	54.00

Cette classification du Crétacique, montrant le Hervien sous *la base du Sénonien, nous paraît plutôt obscure.*

Coupe interprétée par M. A. Rutot.

Houiller . . . . à — 434.00

On a percé 243m25 de Houiller et recoupé cinq couches de charbon d'une puissance totale de 3m29, donnant un pourcentage de 1m3 par 100 mètres de roches.

Profondeur totale atteinte : 717m25.

Sondage B⁴. N° 7. Houthaelen.

Le niveau du toit du Crétacique n'est pas bien déterminé en ce point : la cote — 319.5 est trop basse; nous avons — 228 au n° 16, situé à 4 kilomètres au Sud, et — 290 au n° 19, situé à 4 kilomètres au

Nord. La moyenne est de — 259. En outre, la puissance du Crétacique est au n° 16 de 206 mètres et au n° 19 de 290 mètres; donc la moyenne est 248, tandis qu'elle ne serait que de 185 mètres au n° 7. En ajoutant aux 185 mètres du n° 7 les 60 mètres de — 259 à — 319, nous obtenons 245 mètres, nombre concordant avec celui de 248 obtenu de la seconde manière. La coupe dressée par le Service géologique le fut sans échantillons. Le Crétacique est donc indéterminable.

Cote du sol + 50	D'après les *Annales des Mines.*	Probable.
	Mètres.	Mètres.
Diestien	151.50 (Diestien + Bolderien)	42.00
Bolderien		28.00
Rupelien	58.00	71.00
Tongrien	160.50 (Tongrien + Landenien + Heersien)	44.00
Landenien		81.00
Heersien		32.00
Crétacique	à — 319.50	— 248.00

Le Houiller fut atteint à la cote — 505 et percé sur 123 mètres. On recoupa quatre couches de houille d'une puissance totale de 4 mètres, donnant un pourcentage de 3.2.

PROFONDEUR TOTALE ATTEINTE : 678m5

Sondage C4. N° 19. Helchteren.

Le Service géologique a déterminé la coupe de ce forage sans échantillons; il fait à son sujet toutes réserves. Il n'en est pas moins arrivé à d'assez bons résultats.

Cote du sol + 60	D'après les *Annales des Mines.*	Probable.
	Mètres.	Mètres.
Moséen	5.00	»
Diestien	66.00	66 00
Bolderien	66.00	34.00
Rupelien	83.00	76.00
Tongrien	80.00 (Tongrien + Landenien)	44.00
Landenien		85.00
Heersien	50.00	45.00
Crétacique	à — 290.00	— 290.00

Le CRÉTACIQUE serait représenté par :

	Mètres.
Maestrichtien et Sénonien	86.00
Assises de Spiennes et de Nouvelles .	94.00
Assise de Herve	80 00
Assise d'Aix-la-Chapelle	30.50

Le HOUILLER fut atteint à — 580.50 et percé sur 204 mètres. La sonde a recoupé cinq couches de charbon, d'une puissance totale de 4 mètres. Pourcentage : 2.

PROFONDEUR TOTALE ATTEINTE : 844m30.

Sondage D4. N° 60. Helchteren-Kruysven.

Mauvaise coupe anonyme, fournie sous toutes réserves par la Société de Recherches et d'Exploitation.

Cote du sol + 73.	D'après les *Annales des Mines*.	Probable.
	Mètres.	Mètres.
Quaternaire	»	6.00
Moderne	7.00	»
Campinien	13.00	»
Moséen	10.00	»
Poederlien	»	25.00
Diestien	»	64.00
Bolderien	80.00	32.00
Rupelien	203.00	99.00
Tongrien	»	49.00
Landenien	103.00	100.00
Heersien	»	57 00
Crétacique	à — 337.00	à — 337.00

	Mètres.
Crétacique	303.00
Trias	137.00
Permien (Thuringien?).	37.50
HOUILLER	à — 814 50

Percé sur 125 mètres, il fournit quatre couches de charbon d'une puissance totale de 4m78. Pourcentage : 3.8.

On remarquera que les *pendages* kilométriques du Crétacique n'ont pas varié par suite de l'interposition du Trias. Les surfaces du Houiller et du Trias furent arasées avant la sédimentation du Crétacique.

	TOIT.	BASE.
	—	—
	Mètres.	Mètres.
De Hasselt au n° 16 . . .	18.2	»
Du n° 16 au n° 7	10.2	18.2
Du n° 7 au n° 19	11.3	19.2
Du n° 19 au n° 60. . . .	13.0	17.0

Au sujet des roches rouges, M. Percy F. Kendall, professeur de géologie à l'Université de Leeds, chargé d'une mission en Belgique par la *Royal Commission upon Coal supplies*, a bien voulu nous écrire en date du 3 décembre 1904, à la suite de son voyage en Belgique : « *J'eus la chance de voir deux échantillons de vos Red Rocks, certainement* TRIASIQUES *d'après ce que je puis juger en me basant sur les roches anglaises.* »

Ce fut notre confrère et ami M. J. Cornet qui rapporta le premier ces roches au Triasique; son opinion est donc pleinement confirmée et la question définitivement tranchée.

Le diagramme de Diepenbeek au n° 30 a servi à dresser les coupes des nos 18, 47 et 30.

Sondage E4. N° 18. Zonhoven-Daalheyde.

Dressée par le Service géologique, la coupe en général répond bien à la réalité; de plus, le Service ne disposait pas de la seconde partie d'échantillons des morts-terrains. Il y a environ 8 kilomètres de Diepenbeek au n° 18; la coupe ne pouvait donc varier que dans les épaisseurs et par l'adjonction du Bolderien au Diestien.

Cote du sol + 51	D'après les *Annales des Mines.*	Probable.
—	—	—
	Mètres.	Mètres.
Flandrien.	9.00	5.00
Diestien	70.00	28.00
Bolderien.		20.00
Rupelien	75.00	66.00
Tongrien	105.00	40.00
Landenien		84.00
Heersien	37.50	44.50
Crétacique	à — 236.50	à — 236.50

Faute d'échantillons, le CRÉTACIQUE reste indéterminé.

	Mètres.
Maestrichtien et Sénonien. . . .	184.00
HOUILLER.	à — 420 00

La sonde y a pénétré à 302 mètres, en recoupant cinq couches de houille d'une puissance totale de 3m50, soit 1m20 par 100 mètres de roches percées.

PROFONDEUR TOTALE ATTEINTE : 775m44.

Sondage F4. N° 47. Kelgterhof-Houthaelen.

La coupe de ce sondage est interprétée d'une manière toute spéciale. Nous y voyons 74m25 de Moderne, Campinien et Moséen, reposant sur 32m60 de Diestien et 121m65 de Bolderien.

La base du Rupelien, indiquée par le Service géologique à la cote — 103 au n° 18, passe, d'après l'auteur de la coupe, à la cote — 228.39; ce qui donne un pendage kilométrique vers le Nord de 49 mètres, tandis que celui du toit du Crétacique n'est que de 5 mètres et celui du Houiller de 14 mètres entre ces deux points.

De plus, tandis que le Crétacique s'infléchit de 71 mètres du n° 47 au n° 30, situé à 4 kilomètres au Nord et le Houiller de 101 mètres, la base du Rupelien remonte de — 228.39 à — 194. Ce qui est une impossibilité notoire.

Tout cela à cause d'une *Nucula Duchasteli* trouvée ou plutôt « retirée » à 290m50 après un *coulage* considérable. Les fossiles ont certainement le plus grand poids en géologie, mais ils sont sans valeur stratigraphique devant une impossibilité notoire.

L'auteur indique ensuite de l'*argile sableuse* et de l'*argile plastique* dans le Bolderien et une argile *R2* presque entièrement représentée par des psammites, renfermant *deux niveaux d'absorption d'eau.*

Cote du sol + 75.	D'après les *Annales des Mines.*	Probable.
—	—	—
	Mètres.	Mètres.
Moderne	1 60	»
Campinien	14.45	»
Moséen	58.20	»
Amstelien.	»	5.00
Poederlien	»	6.00
Diestien	32.60	78.00

Bolderien	121.75	41.00
Rupelien { R2	74.89	70.00
Rupelien { R1	»	
Tongrien	19.81	40.00
Landenien	?	45.00
Heersien	9.62	50.00
Crétacique	à — 259.00	à — 259.00

La coupe des *Annales des Mines* a été interprétée par M. Forir.

Toutes ces impossibilités sont indiquées au centimètre près; dans ces conditions, que peut-on augurer de l'interprétation du Crétacique?

L'auteur donne pour le Crétacique :

	Mètres.
Maestrichtien	52 33
Maestrichtien et assise de Spiennes .	69.15
Assise de Nouvelles.	32.50
Assise de Herve.	55.10
Assise d'Aix-la-Chapelle	24.95
Houiller	à — 512.00

La sonde y a pénétré à 300 mètres, recoupant neuf couches de charbon d'une puissance totale de 11m05, donnant un pourcentage de 3.7.

Profondeur totale atteinte : 887m05.

Sondage G4. N° 30. Meeuwen.

Bonne coupe dressée par le *Service géologique* sans échantillons; assez vague cependant à la partie inférieure. Elle ne donne lieu à aucune autre observation, sauf pour ce qui concerne l'épaisseur minime attribuée au Rupelien.

Cote du sol 82.	D'après les *Annales des Mines*. — Mètres.	Probable. — Mètres.
Moséen.	5 50	»
Amstelien	»	5 50
Poederlien	121.50	20 00 ?
Diestien		124.00
Bolderien	62.50	56.00
Rupelien	30,00	70.00
Tongrien	182.50	40 00
Landenien.		46.00
Heersien		50.00
Crétacique.	— 330.00	— 330.00

Le **Crétacique** comprend :

	Mètres.
Maestrichtien	57.00
Assises de Spiennes et de Nouvelles.	119.50
Assise de Herve	57.50
Assise d'Aix-la-Chapelle . . .	11.00
Trias.	14 00
Houiller . . . . à	— 588 00

La sonde y a pénétré à 326m54, perçant quatre couches de charbon d'une puissance totale de 3m29. Pourcentage : 1.

Profondeur totale atteinte : 996m54.

CHAPITRE XII.

Sous-groupe IV. — Genck.

A5. — No 13. GENCK.
B5. — No 14. EYKENBERG-MEEUWEN.
C5. — No 15. GENCK-WINTERSLAG.
D5. — No 12. GENCK-GELIEREN.

Le sous-groupe de Genck comprend cinq sondages, mais nous en avons distrait un pour le joindre au sous-groupe d'Asch, dont il est très voisin; c'est le no 4, Genck-Waterscheid.

Trois de ces coupes ont été dressées par le Service géologique, dont une très bonne, le no 13; les deux autres sont un peu vagues; la quatrième fut interprétée par un ingénieur et ne répond guère à la réalité.

Le diagramme qui a servi à dresser les coupes probables a son point de départ à la gare de Tongres, passe par le Keyberg, le sondage houiller no 44 Hoesselt, la colline de Waltwilder, Genck, nos 15, 13 et 14, pour se terminer au no 10 Wyshaegen-Donderslag, après un parcours de 30 kilomètres.

Sondage A5. No 13. Genck.

Le point du sondage ne se trouve pas sur le territoire de la planchette de Genck, mais sur celui de la planchette de Gestel, située au Nord de la première. Il est à supposer qu'il n'y eut pas d'échantillons, car on arrive à un fort bon résultat pour la coupe, tandis que les mauvais échantillons, surtout ceux de *coulage*, ne peuvent qu'induire en erreur.

L'interprétation des *Annales des Mines* a été faite par les soins du Service géologique.

Cote du sol + 81.	D'après les *Annales des Mines.*	Probable.
	Mètres.	Mètres.
Moséen	12.00	»
Amstelien	»	12.00
Poederlien	6.00	6.00
Diestien.	72.00	73.00
Bolderien	53.00	42.00
Rupelien	60 00	66.00
Tongrien	} 132.00	44.00
Landenien		48.00
Heersien.		42.00
Crétacique	à — 252.00	— 252.00

Le Crétacique, puissant de 197 mètres, n'a pu être déterminé, faute de carottes constituant de bons échantillons.

Toit du Houiller . . . . à — 449.00

On a foré 179 mètres dans le Houiller et recoupé cinq couches de charbon d'une puissance totale de 2m98, donnant un pourcentage de 1.7.

Profondeur totale atteinte : 609m30.

Sondage B5. N° 14. Eykenberg-Meeuwen.

Nous nous contenterons de mettre les deux coupes en regard; nous observerons cependant que le *grand sondage géologique* exécuté à 2 kilomètres au Nord-Est, à Eykenberg-Cottage [1], a recoupé le Poederlien entre les cotes + 59 et + 65.

Cote du sol + 82.	D'après les *Annales des Mines.*	Probable.
	Mètres.	Mètres.
Indéterminé	4.60	»
Amstelien	Moséen	6.00
Poederlien	puis	12.00
Diestien.	Bolderien.	84.00
Bolderien	166.40	40.00
Rupelien	179.00	60.00
Tongrien	»	44.00
Landenien	»	44.00
Heersien	»	60.00
Crétacique	à — 268.00	— 268.00

(1) *Bull. Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol.,* t. XII, 1898, Mém., p. 54.

La coupe des *Annales des Mines* a été interprétée par M. Gevers, ingénieur.

Le CRÉTACIQUE est représenté par :

	Mètres.
Sénonien	134.50
Hervien	120.23
Toit du HOUILLER	—522.83

Le forage a pénétré à 297m2 dans le Houiller et a percé onze couches de charbon, d'une puissance totale de 8m61, donnant un pourcentage de 2.9.

PROFONDEUR TOTALE ATTEINTE : 902 MÈTRES.

Sondage C5. N° 15. Genck-Winterslag.

La coupe de ce sondage, interprétée par le Service géologique, renferme tous les étages qui se trouvent en sous-sol. Toutefois, la puissance du Rupelien et du Tongrien est exagérée et celle du Landenien et du Heersien est trop faible.

Cote du sol + 62.	D'après les *Annales des Mines*.	Probable.
	Mètres.	Mètres.
Moséen	11.00	»
Amstelien	»	11.00
Diestien	69.00	35.00
Bolderien		21.00
Rupelien	150 00	76.00
Tongrien		44.00
Landenien	86 00	60.00
Heersien		44.00
Crétacique	à —224.00	—224.00

Le CRÉTACIQUE comprend :

	Mètres.
Maestrichtien.	
Sénonien (assise de Spiennes) . . .	49.00
Sénonien (assise de Nouvelles) . . .	55.00
Sénonien (assise de Herve)	76.00
Toit du HOUILLER . . . . à	—404.00

Le Houiller fut percé sur 134 mètres. On recoupa dix couches de houille d'une puissance totale de 7m97, donnant un pourcentage de 6.

Sondage D^5. N° 12. Genck-Gelieren.

Nous appliquons textuellement au sondage n° 12 ce que nous avons dit au sujet du sondage n° 15 et nous mettons en regard les deux coupes, dont celle des *Annales des Mines* a été interprétée par le Service géologique.

Cote du sol + 75.	D'après les *Annales des Mines*.	Probable.
	Mètres.	Mètres.
Moséen	12.00	»
Amstelien	»	12.00
Diestien	56.60	33.00
Bolderien		13.00
Rupelien	151.10	69.00
Tongrien		50.00
Landenien	96.00	88 00
Heersien		51.00
Crétacique	à — 241.00	— 241.00

Le Crétacique comprend :

	Mètres.
Maestrichtien et assise de Spiennes	58.00
Assise de Nouvelles	60.00
Assise de Herve	22.00
Toit du Houiller	à — 381.00

Cette formation a été percée sur 144 mètres; on y recoupa cinq couches de houille, puissantes de 4m45, donnant un pourcentage de 3.

Profondeur totale atteinte : 600 mètres.

CHAPITRE XIII.

Sous-groupe V. — Asch.

A5. — 4 GENCK-WATERSCHEIDE.	*G5.* — 40 GRUITRODE.
B5. — 10 WYSHAGEN-DONDERSLAG.	*H5.* — 3 OP-GLABBEEK.
C5. — 2 ASCH².	*I5.* — 5 OP-GLABBEEK-KATTENBERG.
D5. — 8 ASCH³.	*J5.* — 6 OP-GLABBEEK-LOUWEL.
E5. — 9 OP-GLABBEEK.	*K5.* — 41 OP-OETEREN.
F5. — 1 ASCH¹.	*L5.* — 61 SUTENDAEL.

Le diagramme ci-contre, dressé d'après les nos 4, 2, 8, 1, 9, 3, 5 et 6, nous paraît bien extraordinaire, tout à fait invraisemblable même [1]. Il convient d'ajouter qu'il réunit à quatre sondages interprétés par le Service géologique (les nos 4, 2, 1 et 3) quatre autres sondages (les nos 8, 9, 5 et 6) interprétés par M. Forir, et c'est cela surtout qui constitue son hétérogénéité.

Le Service géologique était parti d'un bon pied, de la tête de ligne n° 4 Genck-Waterscheide, à l'extrémité Sud-Ouest. En ce point, il indique :

	Mètres.
Moséen	6.50
Diestien	73.50
Bolderien	etc.

Il n'y a que sur le mot Moséen que nous divergeons d'opinion, sinon la tête de coupe serait parfaite, n'était la trop forte épaisseur attribuée au Diestien. Arrivé au n° 2, le Service indique encore :

	Mètres.
Moséen	12.30
Poederlien.	14.00
Diestien	67.80
Bolderien	etc.

[1] L'échelle des hauteurs du diagramme est assurément très exagérée : 0m001 = 4 mètres, par rapport à l'échelle des longueurs : 0m01 = 1 kilomètre. Mais on agit souvent ainsi, parce que les hauteurs, en accentuation moins forte, ne seraient pas perceptibles; on a forcé ici pour permettre de mieux juger des impossibilités d'interprétation et non pour laisser croire que celles-ci, même inexactes, aboutiraient à de tels figurés d'allures réelles des terrains. D'ailleurs, dans la *coupe probable* fournie plus loin, l'exagération des hauteurs est absolument la même.

Même observation que pour le précédent n° 4, et nous ne pouvons que donner des éloges aux interprètes de ce forage, abstraction faite de la trop forte épaisseur du Diestien.

Tout à côté du n° 2 Asch[2], une entreprise de sondage concurrente exécuta le forage n° 8 Asch[3], distant de 200 mètres seulement.

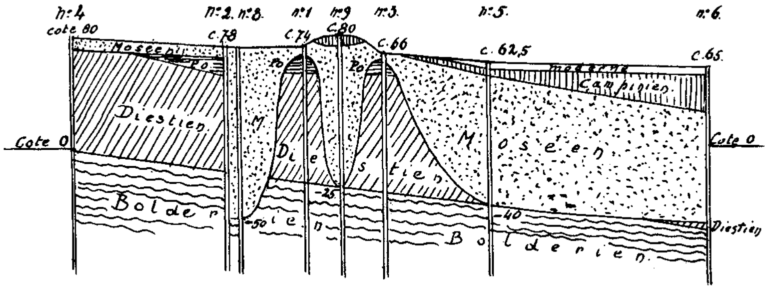


FIG. 5. — COUPE GÉNÉRALE DES FORMATIONS QUATERNAIRES ET TERTIAIRES SUPÉRIEURES DANS LA RÉGION DES FORAGES DE GENCK-ASCH-OP-GLABBEEK-KATTENBERG ET LOUWEL, D'APRÈS LES INTERPRÉTATIONS DES *Annales des Mines*.

Les deux coupes devaient être identiques, les points étant situés à la cote 78 l'un et l'autre.

Or, que voyons-nous dans la coupe n° 8, interprétée, sans réserve aucune, par M. Forir?

	Mètres.	
Moderne	2.50	(1).
Campinien	7.50	
Moséen	118.00	
Bolderien.	etc.	

La base du Moséen, indiquée par le Service géologique à la cote + 65.70, tombe brusquement à la cote — 54, soit une différence de niveau de 119^{m}70. Il s'ensuivrait du côté Sud-Ouest une limite presque verticale. Il y aurait eu, en ce point, une érosion considérable, pour ne pas dire plus qu'anormale.

On ne dit point d'où venait le cours d'eau qui creusa le cañon d'Asch; ce n'était certes pas la Meuse, qui n'affouilla sa vallée que jusqu'à la cote + 25 à la traversée du bassin houiller. Nous constaterions donc ici 79 mètres de plus; c'est beaucoup, même pour

---

(1) Vu la petite échelle du dessin, ces 10 mètres de dépôts post-pliocènes ne pouvaient facilement être représentés dans la figure 5.

un fleuve impétueux. Il ne suffisait pas de creuser un tel cañon, il fallait le combler pour qu'on n'en vît rien à la surface, ce qui fut fait, paraît-il.

Le problème est facile à résoudre. Nous sommes ici simplement en présence d'interprétations géologiques divergentes, dont la juxtaposition en une même coupe, basée sur les données réunies dans les *Annales des Mines*, amène cette étrange figure.

Quant au Poederlien et au Diestien, qui existent incontestablement en sous-sol, il n'en est pas question dans l'interprétation de M. Forir.

A 1 kilomètre de distance environ se trouve le point où fut foré le n° 1 ; de nouveau la coupe de celui-ci, interprétée par le Service géologique, ne donne lieu à d'autre observation que la trop forte épaisseur attribuée au Diestien.

Elle comprend :

	Mètres.
Moséen	10.20
Poederlien	12.30
Diestien	77.30
Bolderien	etc.

En ce point, la base du Moséen se trouve donc à la cote + 63.80; à quelques centaines de mètres au Nord-Ouest fut foré le n° 9, où cette base fait une nouvelle chute, d'après la coupe suivante, dressée par M. Forir :

Cote du sol + 80.

	Mètres.
Moderne	0.40
Campinien	12.10
Moséen	92.50
Bolderien	etc.

Cette chute n'est pas aussi profonde que la première; elle s'arrête à la cote — 25.

Le Poederlien et le Diestien ne sont pas mentionnés.

Un peu au delà du n° 9, la base, déjà si mouvementée, du Moséen fait une nouvelle ondulation et passe de la cote — 25 à la cote + 59 au n° 3, dont la coupe, interprétée par le Service géologique, est de nouveau sans autre reproche que celui énoncé plus haut; la voici :

Cote du sol + 66.

	Mètres.
Moséen	7 00
Poederlien	5.50
Diestien et Bolderien	158 00

Une nouvelle chute de la base du Moséen au n° 5, Kattenberg, la reporte à la cote — 39.5, comme le prouve la coupe suivante, dressée par M. Forir :

Cote du sol + 62.5.

	Mètres.
Moderne	4.20
Campinien.	6 80
Moséen.	91.00
Bolderien	etc.

Le Campinien au n° 5 a $4^{m}20$, et 33 mètres au n° 6, à Louwel-Op-Glabbeek, sondage formant terminus du diagramme, à environ 3 kilomètres au Nord-Est du n° 5.

Passons maintenant aux dépôts supérieurs de la coupe n° 6, d'Op-Glabbeek-Louwel, interprétée par M. Forir.

Cote du sol + 65.

	Mètres.
Moderne	2.00
Campinien.	33.00
Moséen	90.50
Diestien	—

Le Campinien, du n° 5 au n° 6, a toutes les allures d'un dépôt tertiaire et même pendage, si l'on se base sur les interprétations de M. Forir.

Lorsqu'en 1880, Cogels et moi avons introduit le Quaternaire moyen ou fluviatile (actuellement Campinien) dans l'échelle stratigraphique de nos levés, nous le considérions comme un dépôt des parties basses des vallées, et nous n'aurions jamais pu croire qu'on le ferait figurer *sur la crête de la Campine*, à la cote 80. Nous n'en doutons pas, son espèce fossile caractéristique fera défaut. Effectivement, le Mammouth ne se trouve en Belgique septentrionale qu'au fond des vallées, tandis que l'*El. antiquus*, éteint avant leur creusement complet, ne se trouve qu'aux niveaux élevés.

Plus loin, quand nous reprendrons en détail l'étude de la coupe du n° 6, fournie par M. Forir, nous serons bien forcé de signaler encore d'autres anomalies dans les données communiquées aux *Annales des Mines* par notre confrère.

Avant de reprendre en détail la coupe des divers forages dont il vient d'être question, nous fournissons, avec la même échelle de hauteur que

celle du diagramme précédent, l'interprétation du diagramme synthétique rationnel dérivant, pour cette série de forages, de nos coupes probables.

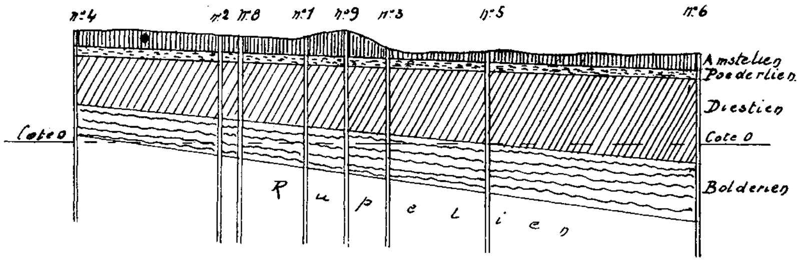


Fig. 6. — Coupe générale des formations tertiaires supérieures, dans la région des forages de Genck-Asch-Op-Glabbeek-Kattenberg et Louwel, d'après les interprétations et « coupes probables » de M. O. van Ertborn.

Sondage E⁵. N° 4. Genck-Waterscheide.

Nous venons de parler de ce sondage, tête de la coupe ci-dessus et des nos 2, 8, 1, 9, 3, 5, 6 du même diagramme; nous n'en dirons pas davantage au sujet des morts-terrains quaternaires et tertiaires, mais on trouvera plus loin la comparaison, pour chacun d'eux, de l'interprétation des *Annales des Mines* avec la « coupe probable ».

Nous mettons les coupes en regard, d'abord pour le forage n° 4.

Cote du sol + 80	D'après les *Annales des Mines*.	Probable.
—	—	—
	Mètres.	Mètres.
Moséen.	6.50	»
Amstelien	»	6.50
Diestien	73.50	52.00
Bolderien	}	20.00
Rupelien	} 210 00	88.00
Tongrien	}	44.00
Landenien.	}	72 00
Heersien	Hs et Cr?	48 00
Crétacique.	à — 210.00	252.00

Le Heersien et le Crétacique comprendraient 210 mètres, sans détermination possible.

En tout cas, le toit du Houiller fut atteint à la cote — 421. La sonde y pénétra à 130m40, recoupant six couches de charbon, d'une puissance totale de 4m85, donnant un pourcentage de 3.7.

Profondeur totale atteinte : 631m40.

Sondage F5. N° 10. Wyshagen-Donderslag.

Ce sondage fait partie du sous-groupe 5, Asch ; nous ne l'avons pas fait figurer dans le diagramme, parce que, situé trop à l'Ouest, il peut être aussi considéré comme faisant partie du sous-groupe 4, Genck, et se trouve en dehors du diagramme. Remarquons qu'il fut foré à 2 kilomètres environ au Nord-Est du grand sondage géologique d'Eykenberg-Cottage (1), où le Poederlien se trouve compris entre les cotes + 68 et + 58.8. Si la coupe de celui-ci fut mal interprétée, les éléments d'interprétation étaient aussi bons que ceux du sondage houiller étaient mauvais. De plus, s'il y a du Poederlien à Eykenberg-Cottage, *a fortiori* doit-il y en avoir à Donderslag. Que voyons-nous dans la coupe de ce dernier, dressée par M. Forir ?

Cote du sol + 91	Mètres.
Moderne	0.40
Campinien	19.90
Moséen	107.70
Bolderien	—

La base du Moséen se trouve donc à Donderslag à — 37, et à Eykenberg-Cottage à + 68, soit une différence de 105 mètres et un pendage kilométrique vers le Nord-Est de 52 mètres, chiffre qui n'est même jamais atteint par le *Houiller* (2). Le Poederlien et le Diestien ne sont pas indiqués. Le reste de la coupe, jusqu'au Crétacique, est plus vraisemblable.

Cote du sol + 91	D'après les *Annales des Mines*. Mètres.	Probable. Mètres.
Moderne	0.40	»
Campinien	19.90	»
Moséen	107.70	»
Amstelien	»	28.00

(1) *Bull. Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol.*, t. XII, Mém., p. 54

(2) En ce point, celui du Crétacique est 13.5 et celui du Houiller 14.4.

Poederlien	»	8.00
Diestien	»	103.00
Bolderien	73.00	56.00
Rupelien *R2*	87.00	60.00
Tongrien	(*R* et *Tg*) 82.00	50 00
Landenien.	17.50	56.00
Heersien	13.50	40.00
Crétacique.	à — 310.00	— 310.00

Le Crétacique serait représenté par :

	Mètres.
Maestrichtien	55.40
Assise de Spiennes	19.60
Assise de Nouvelles	55.50
Assise de Herve	9.85
Assise d'Aix-la-Chapelle.	16 23

Toit du Houiller à — 566.58.

Le Houiller fut percé sur 230 mètres et donna cinq couches de houille dont la puissance totale fut de 7m23, soit un pourcentage de 3.1.

Profondeur totale atteinte : 877m32.

Sondage C5, N° 2, Asch2, et Sondage D5, N° 8, Asch3.

Nous en sommes aux puits jumeaux dont nous avons déjà parlé.

Nous mettons les trois coupes en regard.

Cote du sol + 78	D'après les *Annales des Mines.* N° 2	N° 8	Nos 2 et 8 Probable.
	Mètres.	Mètres.	Mètres.
Moderne.	»	2.50	»
Campinien.	»	7.50	»
Moséen	12.30	118.00	»
Amstelien.	»	»	12.00
Poederlien	14.00	»	10.00
Diestien	67.80	»	52.00
Bolderien.	58.00	24.35	36.00
Rupelien *R2*	76.30	48.25	72 00
Rupelien *R1*		71 40	
Tongrien	81.50	25.00	40.00
Landenien.			48.00
Heersien	—?	3.00	40.00
Crétacique.	—232?	—232.00	—232.00

La coupe n° 8 a été interprétée par M. Forir; celle n° 2, par le Service géologique.

SUITE DU N° 2.

	Mètres.
Heersien et Crétacique	211.20
Toit du HOUILLER.	à — 443.00

La sonde pénétra à 92 mètres dans le Houiller et recoupa quatre couches de charbon d'une puissance totale de 4m45, donnant un pourcentage élevé, soit près de 5 %.

PROFONDEUR TOTALE ATTEINTE : 613m50.

SUITE DU N° 8.

	Mètres.
Maestrichtien et assise de Spiennes. . .	62.15
Assise de Nouvelles.	106.20
Assise de Herve.	51 65
Toit du HOUILLER	à — 442

La sonde y pénétra à 184 mètres et ne rencontra que deux couches de houille, l'une de 0m54 et l'autre de 0m40, donnant un pourcentage d'environ 0.50.

PROFONDEUR TOTALE ATTEINTE : 704m30.

Sondage I5. N° 9. Op-Glabbeek.

Ce sondage rentre dans la catégorie des précédents; nous nous contenterons de mettre les deux coupes en regard.

Cote du sol + 80.	D'après les *Annales des Mines*.	Probable.
	Mètres.	Mètres.
Moderne	0.40	»
Campinien.	12.10	»
Moséen.	92.50	»
Amstelien	»	12.00
Poederlien.	»	13.00
Diestien	»	55.00
Bolderien	45.00	40.00
Rupelien *R2*	83.00	76.00
Tongrien	(*R1* et *Tg*) 31.00	40.00
Landenien.	66.00	58.00
Heersien	6.60	42.00
Crétacique	à — 256.00	— 256.00

La coupe des *Annales des Mines* a été interprétée par M. Forir.

Le Maestrichtien ne figure pas dans la coupe; les assises qui représentent le CRÉTACIQUE sont les suivantes :

	Mètres.
Assise de Nouvelles.	118.40
Assise de Herve.	110.40
Assise d'Aix-la-Chapelle	2.30
Toit du HOUILLER . . . . . —	à 488.00

Les 152m50 percés dans le terrain houiller renferment cinq couches de charbon d'une puissance totale de 4m59, donnant un pourcentage de 3.

Sondage F5. N° 1. Asch[1].

La coupe est interprétée par le Service géologique dans d'assez bonnes conditions de probabilité; mais le sondeur doit avoir pénétré dans la craie sans s'en apercevoir, de manière que le toit de celle-ci se trouve indiqué à la cote — 300, alors que, d'après tous les forages voisins, ce toit doit se trouver à la cote — 256.

Cote du sol + 74.	D'après les *Annales des Mines*.	Probable.
—	—	—
	Mètres.	Mètres.
Moséen	10.20	»
Amstelien	»	5.00
Poederlien	12.30	6.00
Diestien	77 54	63.00
Bolderien	64.50	40.00
Rupelien	71.00	72.00
Tongrien	75.50	40.00
Landenien	18.50	63.00
Heersien	45.50	41.00
Crétacique . . . . à	— 300.00	— 256.00

Le CRÉTACIQUE n'est pas déterminé, faute d'échantillons.

Le toit du HOUILLER se trouve à la cote — 452.2. La sonde a pénétré à 117 mètres dans cette formation, en recoupant cinq couches de houille d'une puissance totale de 4m85, donnant un pourcentage de 4.

PROFONDEUR TOTALE ATTEINTE : 649m50.

Sondage G^5. N° 40. Gruitrode.

Bonne coupe, interprétée par M. Stainier.

Cote du sol + 75.	D'après les *Annales des Mines.*	Probable.
	Mètres.	Mètres.
Quaternaire	14 00	»
Amstelien	»	9.00
Poederlien	143 50	10.00
Diestien		76.00
Bolderien	59 50	40.00
Rupelien	133 00	92.00
Tongrien		60.00
Landenien	83.00	88.00
Heersien		57.00
Crétacique	à — 357.00	— 357.00

Le Crétacique est représenté par :

	Mètres.
Maestrichtien et Craie blanche	111.00
Hervien	135.00
Aachenien (1)	31.60
Triasique	à — 634.00

La sonde y a pénétré à 128m4 sans le percer.

PROFONDEUR TOTALE ATTEINTE : 838 MÈTRES.

Sondage H^5. N° 3. Op-Glabbeek.

Coupe dressée par le Service géologique, et l'une des premières, san échantillons; aussi il est fort excusable qu'elle soit assez vague.

Cote du sol + 66.	D'après les *Annales des Mines.*	Probable.
	Mètres.	Mètres.
Moséen	7.00	»
Amstelien	»	5.00
Poederlien	5.50	5.00
Diestien	158.00	56.00
Bolderien		40.00
Rupelien	141.50	80.00
Tongrien		40.00
Landenien		68.00
Heersien	Hs?	48.00
Crétacique	?	— 276 00

(1) Limite impossible à définir entre les deux derniers, faute de bons échantillons.

Les assises du Sénonien n'ont pu être déterminées faute d'échantillons.

		Mètres.
Toit du Houiller.	à	— 483.5

On n'a percé que 71m6 de roches houillères et rencontré quatre couches de charbon d'une puissance totale de 4m95, ce qui donne un fort pourcentage.

Sondage I5. N° 5. Kattenberg-Op-Glabbeek.

Coupe invraisemblable à la partie supérieure, faisant partie du diagramme de la page 217.

Interprétée par M. Forir.

Cote du sol + 62.5	D'après les *Annales des Mines*.	Probable.
	Mètres.	Mètres.
Moderne	4.20	»
Campinien	6.80	»
Moséen	91.00	»
Amstelien	»	5.00
Poederlien	»	5.00
Diestien.	»	56.00
Bolderien	67.70	40.00
Rupelien *R2*	48.70	
Rupelien *R1*	78.50	80.00
Tongrien		40.00
Landenien	45.60	68.00
Heersien	9.90	58.00
Crétacique	à — 290.00	— 290.00

Le Crétacique serait représenté par

		Mètres.
Assise de Nouvelles		89.10
Assise de Herve		117.50
Toit du Houiller	à	— 510.70

La sonde pénétra à 85 mètres dans le Houiller et recoupa cinq couches de houille d'une puissance totale de 5m45, donnant un pourcentage considérable.

Sondage N5. N° 6. Louwel-Op-Glabbeek.

La coupe de ce sondage est des plus extraordinaires. Elle porte :

	Mètres.
Moderne	2.00
Campinien	33.00
Moséen	90.50

et puis, après le Diestien réduit au huitième de sa puissance probable et suivi d'un Bolderien trop épaissi au contraire, *un vide de 60 mètres* en plein Rupelien.

Voici la coupe détaillée et sa rectification probable :

Cote du sol + 65.	D'après les *Annales des Mines*.	Probable.
	Mètres.	Mètres.
Moderne	2.00	»
Campinien	33.00	»
Moséen	90.50	»
Amstelien	»	5.00
Poederlien	»	10.00
Diestien	8.50	64.00
Bolderien	54.00	38.00
Rupelien	13.00	84.00
(*Lacune*)	*60.00*	»
Rupelien	77.00 (Rupelien et Tongrien)	»
Tongrien		52.00
Landenien	30 20	87.00
Heersien	23.17	51.00
Crétacique à	— 326.60	— 326.60

Le Diestien et le Bolderien sont indiqués à des cotes beaucoup trop basses; les fossiles cités en marge sont à des niveaux *de coulage*. Ce qui est étonnant, c'est que toutes ces impossibilités sont citées au centimètre près.

Vu les interprétations relatives aux étages tertiaires, celles des terrains plus anciens ne peuvent inspirer grande confiance; nous les citerons cependant.

Le **Crétacique** serait représenté par

	Mètres.
Maestrichtien	20.50
Assise de Spiennes	32.32
Assise de Nouvelles	110.40
Assise de Herve	109.58
Assise d'Aix-la-Chapelle	6.36
Toit du Dyas ou Trias	à — 626 27

Ce dernier fut percé sur 42 mètres.

PROFONDEUR TOTALE ATTEINTE : 713m27.

Coupe des *Annales des Mines* interprétée par M. Forir.

Sondage K5. N° 41. Op-Oeteren.

Ce sondage ne fut pas poursuivi.

Le Service géologique indique :

	Mètres.
Campinien	14.30
Poederlien	2.90
Diestien	136.40 (1).

Sondage L5. N° 61. Sutendael.

Cette coupe ne donne lieu à aucune observation; elle est bien interprétée par le Service géologique.

Cote du sol + 93.	D'après les *Annales des Mines*.	Probable.
	Mètres.	Mètres.
Quaternaire moséen . . .	17 00	»
Amstelien	»	12.00
Poederlien	»	6.00
Diestien	39.00	51.00
Bolderien	14.00	16.00
Rupelien	90.00	56.00
Tongrien		28.00
Landenien	120.00	64.00
Heersien		37.00
Crétacique	à — 187.00	— 187.00

Le **Crétacique** comprend

	Mètres.
Maestrichtien	60.00
Assise de Spiennes	
Assise de Nouvelles	
Assise de Herve	82.00
Toit du Houiller	à 329.00

(1) Ce dernier chiffre est exagéré; au n° 40 nous avons D = 76 m. et Bd = 40 m.

Celui-ci fut percé sur 463 mètres; on recoupa trois couches de charbon, d'une puissance totale de 1^{m}95, donnant un pourcentage de 0.4.

PROFONDEUR TOTALE ATTEINTE : 885.25

CHAPITRE XIV.

Sous-groupe VI. — Meuse.

A6. — 43. LANAEKEN.	*I6.* — 46. LANKLAER.
B6. — 49. OP-GRIMBY.	*J6.* — 31. EELEN.
C6. — 51. PONT DE MECHELEN.	*K6.* — 11. MECHELEN.
D6. — 32. MECHELEN-SUR-MEUSE.	*L6.* — 24. LANKLAER.
E6. — 21. EYSDEN.	*M6.* — 53. LEUTH-MAASELHOVEN.
F6. — 63. EYSDEN-EYSDENBOSCH.	*N6.* — 42. LEUTH-ROETEWEIDE.
G6. — 45. MEESWYCK.	*O6.* — 52. STOCKHEIM.
H6. — 20. LANKLAER.	*P6.* — 50. DILSEN.

Le sous-groupe de la Meuse est le plus dense de tous : il renferme le quart des sondages, soit 16 sur 63. Les deux premiers y furent exécutés; le fait n'est pas étonnant, à cause de l'extrême proximité du bassin hollandais. Comme on visait un but, suivant la bonne règle, on pointa la première fois trop bas et, à Lanaeken, on n'atteignit que 5 mètres du Houiller inférieur reposant sur le Viséen, et la seconde fois on visa trop haut, atteignant à Eelen le Triasique à la cote — 593 et le Houiller à — 843 (?), profondeur qui ne rentre pas, du moins pour le présent, dans les cadres économiques.

Rien ne pouvait vaincre la ténacité de MM. G. Lambert et André Dumont, et, choisissant un juste milieu, ils triomphèrent à Asch. Honneur à tout jamais à ces généreux savants!

L'interprétation des morts-terrains tertiaires n'est pas facile dans cette région, d'autant plus que le toit du Crétacique n'est pas toujours indiqué au niveau qu'il occupe réellement, parce que parfois on a foré dans la craie sans s'en apercevoir. Le fait saute aux yeux, surtout pour certains forages voisins.

Les diagrammes font voir de belles failles, surtout dans la zone des *Red Rocks*. Le toit du Houiller en est fort affecté; mais la base du Crétacique ne l'est point ou peu. Ce qui indique que le Trias et le Houiller voisin furent arasés *avant* la sédimentation du Crétacique.

Les forages étant souvent voisins, nous les avons groupés par deux. Sauf pour celui de Lanaeken, situé plus au Sud, et pour celui de Eelen, situé plus au Nord, nous avons, dans ce sous-groupe, toujours opéré ainsi.

Sondage A[6]. N° 43. Lanaeken.

Ce sondage fut le premier exécuté des forages houillers; il devrait porter le n° 1.

La détermination géologique a été empruntée à une note de M. Forir (*Ann. Soc. géol. Belg.*, t. XXIX, Mém., p. 102).

Cote du sol + 53.	D'après les *Annales des Mines*.	Probable.
	Mètres.	Mètres.
Campinien	10.50	10.00
Rupelien inférieur. . .	0.50	»
Tongrien	37.50	»
Landenien		38.00
Heersien	25.90	26.00
Crétacique	à — 21.40	— 21.40

Le Rupelien inférieur ne peut exister en ce point à la cote + 42; car à Elsloo, situé à 6 kilomètres au Nord, le contact du Bolderien sur le Rupelien supérieur est à la cote + 42.

La base du *R1* étant à 0 à Elsloo et le pendage kilométrique vers le Nord de 10 à 12 mètres, celle-ci doit se trouver à Lanaeken vers la cote + 60.

Le Crétacique est représenté par :

	Mètres.
Assise de Spiennes	41.10
Assise de Nouvelles	62.50
Assise de Herve	84.00

reposant sur le

Houiller inférieur . . . . . à — 219.00

et le

Calcaire de Visé se trouve . . . à — 224.00

Profondeur totale atteinte : 278 mètres.

Sondages B[6], N° 49, Op-Grimby, et C[6], N° 51, Pont de Mechelen.

Ces coupes, interprétées par le Service géologique, sont bonnes et concordent assez bien avec les coupes probables.

	B6. **49. Op-Grimby.**		*C6.* **51. Pont de Mechelen.**	
	Probable.	*Annales des Mines.*	Probable.	*Annales des Mines.*
COTE DU SOL :	+ 47	+ 47	+ 41	+ 41
	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.
Quaternaire	11.00	»	11 00	»
Campinien.	»	11.00	»	11.00
Rupelien	17 00	44.00	10.00	29.00
Tongrien	32.00		32.00	
Landenien.	40.00	43.00	40.00	60.00
Heersien	37.09	39.00	37.00	30.00
Crétacique. . . . à	— 90.00	— 90.00	— 89.00	— 89.00

Au n° 49, le CRÉTACIQUE fut atteint à la cote — 90. Il comprend :

	Mètres.
Maestrichtien	23.30
Assises de Spiennes et de Nouvelles .	90.80
Assise de Herve	123.60
Assise d'Aix-la-Chapelle	8.00
Toit du HOUILLER . . . . à	— 336.00

La sonde y pénétra à 151m85 et ne perça que deux veinettes, dont une de 0m05 seulement.

PROFONDEUR TOTALE ATTEINTE : 534m85.

Au n° 51, le toit du Crétacique fut atteint à — 89. Le CRÉTACIQUE comprend :

	Mètres.
Maestrichtien	20.00
Assises de Spiennes et de Nouvelles .	130.00
Assise de Herve (1).	90.00
Assise d'Aix-la-Chapelle (lignite noir) .	1.20
Toit du HOUILLER . . . . à	— 331.00

Cette formation fut percée sur 99 mètres et l'on ne trouva que deux couches de charbon d'une puissance totale de 0m88.

PROFONDEUR TOTALE ATTEINTE : 571 MÈTRES.

---

(1) Le Service géologique croit que les échantillons du Hervien furent mal étiquetés et fait toutes réserves au sujet de la coupe.

Sondages D^6, N° 32, Mechelen-sur-Meuse, et E^6, N° 21, Eysden.

Le Service géologique, pour le n° 32, et M. Forir, pour le n° 21, ont perdu de vue le gîte classique d'Elsloo, situé très à proximité, et le signe fatidique

$$\frac{Bd}{R2} + 42$$

ne leur apparut pas.

Ce qui veut dire Bolderien sur Rupelien supérieur, contact à la cote + 42.

Aussi voyons-nous dans la coupe du n° 32 cette base à — 46.4; au n° 21 c'est encore pis : on l'indique à la cote — 95. Il s'ensuit que les deux coupes sont manquées de fond en comble.

	D6. 32. Mechelen-sur-Meuse.		*E6.* 21. Eysden.	
	Probable.	*Annales des Mines.*	Probable.	*Annales des Mines.*
Cote du sol :	+ 45	+ 45	+ 45	+ 45
	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.
Quaternaire	15.00	»	10.00	»
Campinien.	»	14.75	»	26.00
Bolderien	»	76.70	9.00	114.00
Rupelien	54.00	39.55 54.00	58.00	R2 25.00
Tongrien	31.00	»	30.00	»
Landenien.	53.00	7.10	56.00	36.75
Heersien	39.00	»	38.70	»
Crétacique. . . . à	— 147 00	— 147.00	— 156.70	— 156.70

Au n° 32, toit du Crétacique à — 147.

Le Crétacique est représenté par :

	Mètres.
Maestrichtien.	50.20
Assise de Spiennes	40.70
Assise de Nouvelles	40.20
Assise de Herve	89.70
Houiller . . . . à	— 368.00

Percé sur 387 mètres.

Quatre couches de charbon égalant à 2m13.

Profondeur totale : 800 mètres.

Au n° 21, toit du CRÉTACIQUE à — 156.70. Celui-ci est représenté par :

	Mètres.
Maestrichtien	23.20
Assise de Spiennes	75.00
Assise de Nouvelles	45.00
Assise de Herve	100.00
Assise d'Aix-la-Chapelle	5.00
Toit du HOUILLER. . . . . à	— 405.00

La formation houillère fut percée sur 550 mètres. La sonde recoupa treize couches de charbon d'une puissance totale de 11m22, donnant un pourcentage de 2.

PROFONDEUR TOTALE ATTEINTE : 1,000 MÈTRES.

Sondages F6, n° 63, Eysdenbosch, et G6, N° 45, Meeswyck.

Au n° 63, nous ne pouvons admettre 7m45 de Moséen, sous 19m85 de Campinien, ce dernier étant caractéristique du fond des vallées; 112 mètres de Bolderien nous paraissent une exagération excessive, alors qu'au n° 45, situé à 2 kilomètres à l'Est, le Service géologique n'en renseigne que 24 mètres.

Nous ne pouvons admettre que le Tongrien soit en contact aussi immédiat avec le Crétacique. Nous considérons donc l'interprétation de M. Forir comme entièrement erronée.

De plus, le Bolderien ne serait représenté que par des argiles, même plastiques. Or, il est notoire que le Bolderien est un étage essentiellement sableux en Belgique. Ce fait seul démontre que nous sommes dans le vrai.

	F6. **63. Eysdenbosch.**		*G6.* **45. Meeswyck.**	
	Probable.	*Annales des Mines.*	Probable.	*Annales des Mines.*
COTE DU SOL :	+ 46	+ 46	+ 38	+ 38
	Mètres	Mètres.	Mètres.	Mètres.
Quaternaire	11.00	»	10.00	Mod. 1.00
Campinien.	»	19.85	»	10.00
Moséen.	»	7.45	»	»
Bolderien	27.00	112.10	24.00	24.00
Rupelien	44.00	64.60	44.00	141.00 (Rupelien + Tongrien)
Tongrien	32.00	9.70 ?	32.00	
Landenien.	64.00	»	62.00	75.00 (Landenien + Heersien)
Heersien	36.00	»	38.00	
Crétacique. . . . à	— 168.00	— 168.00	— 172.00	— 212.00

Le Crétacique serait représenté par :

	Mètres.
Maestrichtien et assise de Spiennes . .	50.30
Argile plastique (non déterminée) .	0.40
Assise de Nouvelles.	71.00
Assise de Herve.	110.60
Houiller.	à — 400.00

La sonde y pénétra à 302 mètres, recoupant neuf couches de charbon d'une épaisseur totale de 10m64, donnant un pourcentage de 3 1/2.

Nous ne pouvons admettre comme faisant partie du Houiller les 13m10 d'argile avec débris de roches et immédiatement sous-jacents au Hervien.

Profondeur totale atteinte : 748 mètres.

Hydrologie. — A 359 mètres, source jaillissante donnant 30 mètres cubes à l'heure.

Au n° 45, la sonde doit avoir pénétré dans le Crétacique d'une quarantaine de mètres sans qu'on s'en soit aperçu.

Le Crétacique est représenté par :

	Mètres.
Maestrichtien	18.00
Assises de Spiennes et de Nouvelles. .	22.00
Assise de Herve.	141.50
Assise d'Aix-la-Chapelle	8.70
Houiller.	à — 402.20

Même profondeur qu'au n° 63.

La sonde recoupa six couches de charbon d'une puissance totale de 5m44, dans 73m35 de roches percées, donnant un pourcentage très élevé.

Profondeur totale atteinte : 513m55.

Hydrologie. — La base du Maestrichtien est signalée comme étant très aquifère.

Sondages H^6, N° 20, Lanklaer, et I^6, n° 46, Lanklaer.

Les deux coupes sont interprétées par M. Forir. Elles sont peu vraisemblables et ne concordent pas même entre elles à la partie inférieure.

Dans les deux coupes, l'auteur indique de puissants dépôts de Moséen sous le Campinien. Nous avons déjà démontré que dans les vallées d'érosion, le Quaternaire moyen ne pouvait reposer sur le

Quaternaire inférieur. Ces érosions, en outre, auraient dépassé d'une cinquantaine de mètres les érosions de la Meuse actuelle.

Au n° 20, le Bolderien est représenté par du sable, et au n° 46, il renferme un banc d'argile.

Au n° 20, l'Oligocène supérieur, Lignites du Rhin, est représenté par 50 mètres de sable, *sans équivalent*, ajoute-t-on, *jusqu'à ce jour en Belgique*. L'âge de ce sable est-il prouvé paléontologiquement? On a soin de ne pas le dire. Nous en doutons fort.

Au n° 20, il y a encore une couche d'âge *oligocène? ou crétacé*, probablement de *coulage*, puis le Sénonien, assise de Spiennes, tandis qu'au n° 46, distant seulement d'environ 2 $^{1}/_{2}$ kilomètres, il y a $172^{m}30$ de Bolderien; l'Oligocène supérieur fait défaut et il est remplacé par $42^{m}25$ de Rupelien supérieur. Enfin, $2^{m}20$ de Tongrien supérieur douteux, reposant sur $1^{m}37$ de Lignites inférieurs du Rhin, complètent la coupe.

	H6. **20. Lanklaer.**		*I6.* **46. Lanklaer.**	
	Probable.	*Annales des Mines.*	Probable.	*Annales des Mines.*
Cote du sol :	+ 46	+ 46	+ 39	+ 39
	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.
Quaternaire	10.00	»	10.00	»
Campinien.	»	14.00	»	11.00
Moséen	»	53.00	»	47.70
Diestien	16.00	»	13.00	»
Bolderien	40 00	120.00	40.00	172.30
Oligocène sup. . . .	»	50.00	»	»
Rupelien	40.00	»	40.00	42.25
Tongrien	36.00	»	36 00	*Tg* 2.20
Landenien.	62.00	»	62.00	Lign. inf.
Heersien	56.00	»	58.00	du Rhin.
Crétacique.	— 214.00	Ol? ou Cr.	— 220.00	1.37
				— 236.80

Hydrologie. — Le sable ligniteux renferme une source artésienne, dont la pression au sol est d'une atmosphère et demie.

Le Crétacique est représenté par :

	N° 20.	**N° 46.**
	Mètres.	Mètres.
Maestrichtien	(manque)	25.68
Assise de Spiennes	50 00	27.62
Assise de Nouvelles	60.00	59.45
Assise de Herve	140.00	107.43
Houiller	à — 483.20	— 453 00?

D'après les *Annales des Mines*. Coupe probable.

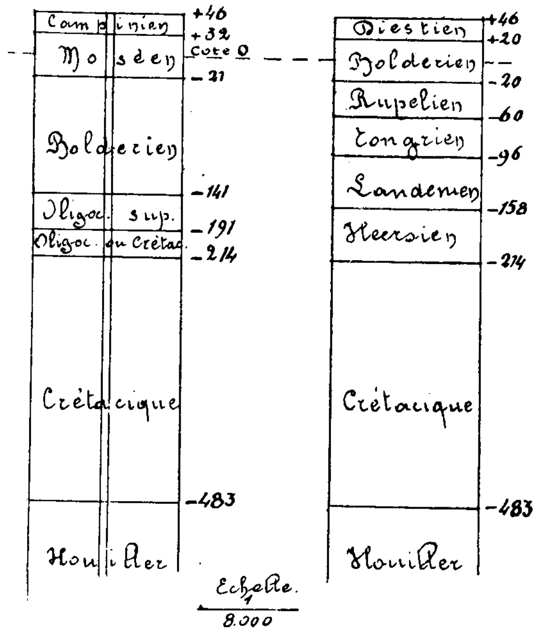


Fig. 7. — Sondage n° 20. Lanklaer.

D'après les *Annales des Mines*. Coupe probable.

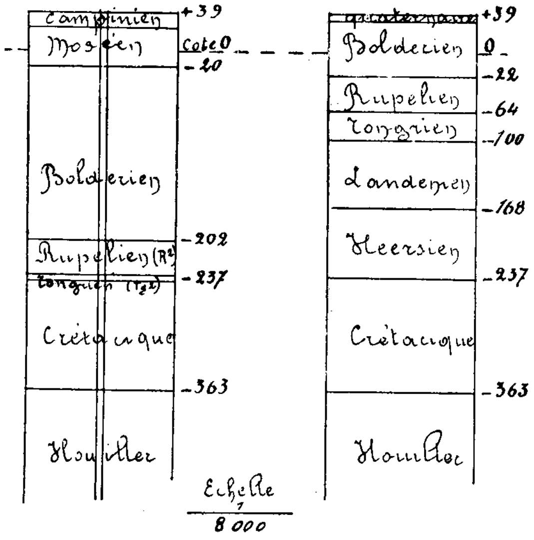


Fig. 8. — Sondage n° 46. Lanklaer.

Dans la coupe n° 46, M. Forir range dans le Houiller 12 mètres *d'argile gris clair*, qu'il considère comme un produit d'altération. Si cette hypothèse est justifiée, le bas du Houiller serait à — 465 et la différence avec le n° 20 serait réduite à 18 mètres.

Au n° 20, la sonde a pénétré à 281 mètres dans le HOUILLER, recoupant onze couches de charbon d'une puissance de 9m66, donnant un pourcentage de 3.4.

Hydrologie. — Eau jaillissante au contact du Houiller.

Au n° 46, on fora 209m69 dans la formation houillère et l'on rencontra huit couches de houille d'une puissance totale de 6m53, donnant un pourcentage de 3.1.

PROFONDEUR TOTALE ATTEINTE : 701m69.

Les diagrammes ci-contre indiquent nettement pour les nos 20 et 46 de Lanklaer combien les couches tertiaires ont été erronément interprétées par M. Forir.

Sondage J6. N° 31. Eelen.

Nous avons déjà eu l'occasion de parler du sondage d'Eelen. Exécuté en 1899 et 1900, il fut le second dans l'ordre chronologique. Celui d'Asch, n° 1, est de 1901; la première couche de houille fut recoupée en ce point le 2 août 1901.

Le toit du Triasique étant indiqué au n° 60 à — 640, au n° 40 à — 626 et au n° 51 à — 595, et celui du Crétacique au n° 60 à — 337 et au n° 40 à — 337, nous ne pouvons admettre le niveau, indiqué au n° 31, soit — 452. L'on aura foré dans la Craie sans s'en apercevoir; il est probable qu'en ce point le toit du Crétacique se trouve vers la cote — 360.

Ces trois sondages sont situés à peu près sous le même parallèle.

Cote du sol + 31.	D'après les *Annales des Mines*.	Probable.
	Mètres.	Mètres.
Quaternaire	»	10 00
Campinien	21.00	»
Diestien	207.45	21.00
Bolderien		50.00
Rupelien	131.35	100.00
Tongrien		60.00
Landenien	71.20	90.00
Heersien	56.60	60.00
Crétacique à	452.00	— 360.00

Le Crétacique est représenté par 128 mètres de Maestrichtien et de Sénonien, reposant sur le Trias. Le Houiller, la coupe ne le porte qu'avec doute, n'aurait été atteint qu'à la profondeur de 878 mètres et n'aurait été percé que sur 0m55.

Sondages K6, nº 11, Mechelen, et L6, nº 24, Lanklaer.

Ces deux sondages furent exécutés sur le plateau campinois, non loin de sa limite orientale; nous y retrouvons les couches dont nous avons déjà parlé en plusieurs endroits. Le niveau du toit du Crétacique ne nous paraît pas bien indiqué aux deux sondages.

	K6. 11. Mechelen.		*L6.* 24. Lanklaer.	
	Probable.	*Annales des Mines.*	Probable.	*Annales des Mines.*
Cote du sol :	+ 89	+ 89	+ 91	+ 91
	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.
Moséen	»	17.10	»	11.50
Amstelien	5.00	»	10.00	»
Poederlien	5.00	7.00	10.00	26.50
Diestien	40.00	142.50 (Diestien + Bolderien)	50.00	68.00
Bolderien	20.00		30.00	27.00
Rupelien	70.00	185.00 (Rupelien à Heersien)	70.00	76.00 (Rupelien + Tongrien)
Tongrien	40.00		40.00	
Landenien	70.00		65.00	82.00
Heersien	50.00		50.00	9.00
Crétacique (1)	à — 211.00	— 263.00	— 234 00	— 209 00

Au nº 11, le Crétacique est représenté par 229m50 de Maestrichtien et de Sénonien. Le Houiller fut atteint à la cote — 400, comme aux nos 63 et 45.

La sonde y pénétra à 102m71 et recoupa cinq couches de houille d'une puissance totale de 4m87, donnant un pourcentage de près de 5.

Au nº 24, le Crétacique comprend :

	Mètres.
Maestrichtien à l'assise de Nouvelles.	105.20
Assise de Herve	146 40
Toit du Houiller	à — 461.60

Celui-ci fut percé sur 134m52; on rencontra six couches de houille, d'une puissance totale de 4m96, donnant un pourcentage de 3.6.

Profondeur totale atteinte : 686m12.

(1) Le toit du Crétacique aux nos 11 et 24 ne peut occuper les niveaux donnés dans les *Annales des Mines;* faute de renseignements bien nets et de bons échantillons, il est souvent très difficile à préciser.

Sondages N6, n° 42, Leuth-Roeteweide, et M6, n° 53, Leuth-Maaselhoven.

Redescendu dans la vallée de la Meuse, nous trouvons sur la rive gauche du fleuve les n°s 42 et 53, situés, l'un et l'autre, à environ 4 kilomètres au Nord d'Elsloo, et à moins de 1 kilomètre l'un de l'autre.

L'interprétation des coupes ne laisse guère à désirer, si ce n'est qu'au n° 42, le toit du Crétacique est encore indiqué trop bas, ce qui n'est pas du fait du Service géologique, interprète des coupes. Il se plaint amèrement (au bas du n° 42, note) des échantillons.

Quoique très rapprochés l'un de l'autre, les mêmes terrains apparaissent successivement dans les deux sondages, mais à des profondeurs et sous des épaisseurs différentes [1]. Nous en donnons bonne note au Service et nous tenons à répéter que, chargé de cette mission difficile, il a fait tout ce qu'il était possible de faire, mais en se basant bien entendu, comme il l'a fait, à tort peut-être, *uniquement* sur l'examen des échantillons.

	N6. 42. LEUTH-ROETEWEIDE.		*M6.* 53. LEUTH-MAASELHOVEN.	
	Probable.	*Annales des Mines.*	Probable.	*Annales des Mines.*
	+ 41	+ 41	+ 40	+ 40
	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.
Quaternaire campinien.	15.00	15.00	15.00	15.00
Bolderien	16.00	16.00	15.00	10.00
Rupelien	26 00	103.10	26.00	110.00
Tongrien	40.00		42.00	
Landenien.	32.00	95.30	34 00	35.00
Heersien	40.00		38 00	
Crétacique.	— 128.00	— 188.30	— 130.00	— 130.00

Au n° 42, le Crétacique comprend :

	Mètres.
Maestrichtien	20.70
Assises de Spiennes et de Nouvelles.	38.00
Assise de Herve	85.00
Houiller. . . . . à	— 332.20

[1] Le cas peut être fortuit, mais il est souvent *voulu*.

Percé sur 138 mètres, il fournit neuf couches de charbon d'une puissance totale de 7m76, donnant un pourcentage de 5.5.

PROFONDEUR TOTALE ATTEINTE : 511m28.

Il fut approfondi ensuite jusque 601m40.

Au n° 53, le CRÉTACIQUE est représenté par :

	Mètres.
Maestrichtien . . . . / Assises de Spiennes et de Nouvelles .	60.00
Assise de Herve	45.00
Assise d'Aix-la-Chapelle	17.00
Toit du HOUILLER	— 352.00

On a percé neuf couches de charbon sur 161m25. Leur puissance est de 9 mètres, donnant le pourcentage élevé de 5.7.

Sondages O6, n° 52, Stockheim, et P6, n° 50, Dilsen.

Les coupes de ces deux sondages, interprétées par M. Forir, renferment des données que nous ne pouvons admettre.

Au point de vue géologique, des bancs d'argile dans le Bolderien, en Belgique, et au point de vue hydrologique, des sources artésiennes jaillissantes provenant de cet étage, nous paraissent des faits absolument invraisemblables.

Une nappe artésienne implique *un toit imperméable*, et dans cette partie du pays, il n'en existe aucun au-dessus du Bolderien (1), ce qui ne nous paraît pas contestable.

Au n° 50, les dépôts bolderiens sont indiqués comme suit :

	Mètres.
1° Sable fin micacé, glauconifère, gris verdâtre	60.00
2° Même sable un peu plus jaunâtre.	20.00
3° Même sable avec *cailloux pisaires de quartz blanc et brun, fragments de minerai de manganèse? et d'argile jaune*	30 00
4° Sable moyen gris-jaune verdâtre, glauconifère.	10 00
5° Même sable, *avec fragments d'argile jaune*	20.00
6° *Argile* gris clair, plastique, avec quelques grains de glauconie et débris de coquilles	10.00

(1) Sauf les argiles de la Campine tout au Nord de la province d'Anvers, et qui ne sont pas en contact avec le Bolderien.

En tout, 210 mètres de Bolderien; la base de l'étage se trouve, au point du sondage n° 50, à la cote —198, et à 9 kilomètres au Sud, cette même base se trouve, à Elsloo, à la cote + 42, soit à 240 mètres plus haut, d'où résulte le *formidable pendage* kilométrique vers le Nord de 26m4.

Ces 210 mètres de Bolderien sont séparés du Crétacique par 70 mètres d'Oligocène supérieur, sables et argiles; le sable est un peu plus gros que le sable bolderien et l'argile sableuse *renferme des cailloux pisaires de quartz blanc!* comme le sable bolderien; pourquoi donc ne pas le ranger dans cet étage? Et M. Forir, ajoute en note : « Ces sables et argiles ne sont autres que la continuation des *Lignites du Rhin, non encore signalés en Belgique* », toutefois en ne citant aucune preuve paléontologique à l'appui.

Passons au n° 52, Stockheim. Le Hesbayen y figure pour 5m80. Puis vient le Bolderien. M. Forir y renseigne :

	Mètres.
1° Sable jaune olivâtre, fin, micacé.	6.35
2° Sable jaune-brun, un peu moins fin, micacé	8.70
3° Sable brun verdâtre, un peu glauconifère, micacé, avec parties durcies .	48.75
4° Même sable, avec intercalations de minces lits d'argile. *Source*. . . .	41.80
5° *Argile plastique*, gris verdâtre clair	1.40
6° Sable analogue au supérieur, avec intercalations de minces lits d'argile gris foncé	39.55
A 127 mètres, source jaillissante.	
7° Argile sableuse, gris verdâtre foncé, avec lignite et cailloux de grès . .	1.40
Oligocène supérieur.	
8° Sable fin, micacé, blanc violacé, avec quelques grains de glauconie et débris de lignite	36.65

A 170 mètres (soit à 14m25 dans le sable), *source jaillissante.* (A mi-hauteur du sable!!!)

L'auteur rapporte la dernière couche à l'Oligocène supérieur, (Lignites du Rhin), sans preuves paléontologiques. L'Oligocène supérieur, ainsi qu'au n° 50, reposerait directement sur le Crétacique.

	O6. 52. STOCKHEIM.		*P6.* 50. DILSEN.	
	Probable.	*Annales des Mines.*	Probable.	*Annales des Mines.*
	+ 36	+ 36	+ 37	+ 37
	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.
Moderne	»	2.00	»	»
Hesbayen	»	5.80	»	»
Campinien.	8.00	»	14 00	14.00
Moséen.	»	»	»	11.00
Diestien	12.00	»	59.00	»
Bolderien	54 00	147.95	76 00	210.00
Oligocène supérieur. .	»	36.25	»	70.00
Rupelien	44 00	»	56 00	»
Tongrien	28.00	»	32 00	»
Landenien.	20 00	»	38.00	»
Heersien	22.00	»	30.00	»
Crétacique. . . .	à — 156 00	— 156.00	— 268 00	— 268.00

Le Crétacique est représenté par :

	N° 52.	N° 50.
	Mètres.	Mètres.
Maestrichtien.	53.00	manque
Maestrichtien ou assise de Spiennes . . .	16.90	»
Assise de Spiennes	7.10	»
Assise de Nouvelles	9.00	»
Assise de Herve	95.00	80.00
Assise d'Aix-la-Chapelle	manque	33.30
Total.	181.00	113.30

2 kilomètres à peine séparent les n°s 52 et 50.

Au n° 50, on renseigne le Houiller à la cote — 381.30; percé sur 176 mètres, la sonde a rencontré six couches de charbon d'une puissance totale de 4^{m}85, donnant un pourcentage de 2.7.

Profondeur totale atteinte : 650 mètres.

Au n° 52, le Houiller fut atteint à la cote — 337; percé sur 297 mètres, il a fourni dix couches de charbon d'une puissance totale de 8^{m}63, donnant un pourcentage de 2.9.

Profondeur totale atteinte : 770 mètres.

CHAPITRE XVI.

Postface.

Ce long et fastidieux travail, nous l'avons entrepris dans l'intérêt général. Nous avons voulu faire profiter nos concitoyens de quarante années d'expérience.

Lorsque nous avons vu avec quelle désinvolture le *Coal fever* faisait dépenser inutilement des centaines de mille francs, souvent sans aucune méthode ni discernement, laissant de côté tout intérêt scientifique, nous nous disions que les *dix millions* au moins, dépensés en sondages, auraient pu être réduits de moitié et employés plus judicieusement.

Cette course au clocher, pour arriver bon premier, ne fut pas seulement un *désastre géologique*, comme le dit fort bien M. G. Lambert, mais encore elle laissera les concessionnaires dans des ténèbres plus impénétrables que ne le furent celles de l'Afrique.

Les morts-terrains, si dédaignés des ingénieurs des mines, joueront en Campine un rôle *prépondérant*. En effet, les frais de premier établissement exigeront un capital tel que l'on ne pourra peut-être jamais le rémunérer. La lutte commerciale sera dure entre les charbons campinois et ceux de provenance plus favorisée.

Au plus fort de la fièvre charbonnière, les Chambres, croyant que l'État allait disperser son fonds aux quatre vents du ciel, se sont émues, croyons-nous, bien à tort. Elles voulurent conserver à l'État des domaines souterrains à Brasschaet et à Beverloo. A Brasschaet, où l'existence du Houiller en sous-sol est des plus problématiques, et à Beverloo, où le toit du même Houiller se trouve de 700 à 800 mètres sous le sol. Il aurait pu répondre par le *Timeo Danaos*, mais il n'était lui-même pas plus au courant que les membres du Parlement.

De plus, il faut en rabattre beaucoup du *Grand bassin houiller du Nord*. Il saute aux yeux que dans la zone anversoise, il ne sera mis en exploitation que lorsque le *combustible superficiel*, les *pine apples* (1) se vendront à prix d'or en Campine.

Des morts-terrains, on ne sait presque rien et des niveaux aquifères encore moins. Ces derniers pourront occasionner de *désagréables surprises*. M. Gosselet, dont nous reconnaissons tous la haute compétence,

---

(1) *Ananas de Campine* = Cônes de pins.

vient de publier une notice toute d'actualité (1); nous tirons du tableau qu'elle contient les données suivantes :

Localités.	Débit par heure.	Nature de la craie.
	Mètres cubes.	
Vallon Sigier.	881	Craie congloméroïde.
Vallée de la Souchez . .	2 400	Craie { fendillée (2). congloméroïde.
Vallon Sigier.	1 132	Craie { fendillée. congloméroïde.
Vallée de la Souchez . .	1 600	Craie fendillée.
Vallée de la Souchez . .	1 680	Craie fendillée.
Vallée de la Souchez . .	2 150	Craie congloméroïde.

Au n° 9 de Courrières, à *51 mètres*, la venue d'eau atteignit 2150 mètres cubes à l'heure, et au n° 3 de Lens, à 33 mètres de profondeur, 2 400 mètres cubes à l'heure. Quel désastre produirait une telle venue d'eau à 500 ou 600 mètres de profondeur!

En terrains fissurés, on peut ou n'en pas trouver, ou bien être submergé; l'aléa est donc grand!

L'exploitation de ces gisements n'est pas à conseiller par l'État : quelque bon administrateur qu'il soit, il est un déplorable industriel, écrasé par les frais généraux.

En rectifiant ici les coupes des morts-terrains, d'après des procédés et une méthode de travail plus sûre de beaucoup que l'examen d'échantillons mauvais *a priori*, nous avons voulu attirer sur ceux-ci l'attention de nos concitoyens, et les mettre en garde contre les erreurs que les coupes des sondages contiennent. Publiées dans les *Annales des Mines de Belgique*, dont les attaches officielles sont indéniables, ces interprétations ont acquis un poids que la moitié d'entre elles au moins ne méritent pas. Parmi leurs interprètes, il en est certainement deux qui n'ont jamais mis le pied en Campine.

S'être basé, pour édifier ces interprétations, sur le simple examen d'échantillons dont le mode de récolte excluait, dans la grande majorité des cas, toute possibilité de valeur scientifique, constitue une faute

(1) J. Gosselet, *Études hydrologiques. Les nappes aquifères de la craie au Sud de Lille.* (Ann. de la Soc. géol. du Nord, t. XXXIII, p. 133. Séance du 1er janvier 1904.)

(2) La craie fendillée est assez rare en Belgique; d'elle sourd la célèbre source du Kain, près Tournai; nous l'avons constaté nous-même. Son débit est de 6 000 mètres cubes par 24 heures.

grave qu'il est indispensable de relever, d'autant plus — le présent exposé en fait foi — qu'il était possible, avec des méthodes différentes et à la portée de tous, de déterminer *d'avance* et *sans aucun examen d'échantillon*, la nature et l'épaisseur *probables* ou tout au moins *rationnelles* des divers dépôts géologiques (à allure régulière et aisée à tracer) constituant les *morts-terrains* de cette région.

Que l'État, au lieu de courir les aventures minières, dote la Campine d'une bonne carte géologique, dont elle reste encore dépourvue, d'une bonne carte, disons-nous, avec *diagrammes* et *textes explicatifs*, elle sera toute d'utilité dans les circonstances actuelles.

On a semblé trouver mauvais que nous critiquions les coupes publiées par les *Annales des Mines*. C'est un droit qu'on ne saurait contester, d'autant plus que ces *Annales* sont publiées par l'État, c'est-à-dire aux frais des contribuables. N'aurions-nous plus le droit de critiquer les faits et gestes de l'Administration, et la liberté, même scientifique, ne serait-elle qu'un vain mot?

En temps présent, nous n'avons pas grande confiance dans le *Grand bassin houiller du Nord*. La Bourse lui fera certainement un accueil *froid*, d'autant plus que le premier accès de *fièvre charbonnière* est passé et surtout lorsqu'on saura que les capitaux et leurs intérêts devront être capitalisés pendant dix ou quinze ans, sans compter tous les *aléas*.

NOTE SUR LES CINQ DIAGRAMMES

(planches IV, V, VI et VII)

accompagnant le présent travail.

Dans le chapitre II, nous avons exposé la méthode d'après laquelle, nous basant sur la grande régularité d'allures des couches tertiaires dans la région Nord de la Belgique, nous avons pu, à l'aide de coupes régionales, amorcées par des données bien connues (collines et coupes de forages artésiens), dresser le réseau serré de renseignements qui nous a servi à fournir nos « coupes probables ».

Les données du texte qui précède, illustrées de temps à autre par de petits croquis comparatifs, ont permis au lecteur de constater quelles divergences considérables existent entre nos « probabilités » basées sur des données géologiques certaines, dûment utilisées à cet effet, et l'étude des morts-terrains effectuée d'après les pitoyables échantillons auxquels ont cru pouvoir se fier, pour ainsi dire sans contrôle, les géologues qui ont été chargés d'interpréter les morts-terrains de la Campine.

Nos diagrammes conducteurs, par leur nombre et par la précision de leurs données géologiques, constituent un faisceau de faits donnant à nos coupes probables un degré

d'approximation permettant un progrès sérieux sur les interprétations antérieures, et nous ne demanderions pas mieux que de fournir, avec nos interprétations personnelles, l'ensemble complet de notre documentation.

Mais on comprendra qu'il nous est impossible de réclamer la publication, dans le *Bulletin*, de tous les diagrammes ayant servi à établir nos différentes coupes. Nous avons fait parmi eux un choix des plus modérés, car nous nous bornons, dans les planches IV, V et VI, à fournir deux coupes Nord-Sud et deux coupes Est-Ouest. Dans la planche VII, nous avons figuré, comme annexe, notre diagramme Nord-Sud du méridien de Bruxelles, présenté comme type de notre base de documentation critique.

Coupes Nord-Sud.

Diagramme I, planche IV. — Ayant choisi, pour représenter les coupes dirigées dans cette orientation, les deux extrêmes, nous avions, pour le *côté occidental du bassin campinois*, à choisir entre la coupe de Louvain-Kessel-Merxplas et celle de Malines à Brasschaet, plus occidentale encore. Malheureusement, il règne pour Malines la plus grande incertitude au sujet du niveau réel occupé par le Primaire, tandis qu'à Louvain nous possédons, grâce à divers puits artésiens, plusieurs points de repère sérieux. C'est donc la coupe *Louvain-Kessel-Santhoven-Vlimmeren-Merxplas* qui constitue notre diagramme I des coupes Nord-Sud dans la région orientale du bassin.

En regard de cette coupe, documentée par des données géologiques certaines, nous plaçons dans la même planche IV, le figuré correspondant basé sur l'interprétation publiée, pour les sondages houillers jalonnant la grande coupe Louvain-Merxplas, par les *Annales des Mines*.

Diagramme II, planche IV. Comme coupe Nord-Sud du *côté oriental*, nous avons représenté l'un de nos diagrammes suivant la direction de la vallée de la Meuse, et s'étendant depuis l'emplacement du forage n° 49, à Op-Grimby, jusqu'au n° 46, de Lanklaer. De même, la planche IV renferme le tracé correspondant basé sur les interprétations des *Annales des Mines*.

Coupes Ouest-Est.

Diagramme III, planche V. — La coupe représentée suit le parallèle de 51°8′ et s'étend de Tamise (puits artésien) au forage n° 62 de Heppen.

La première partie surtout, de Tamise à Kessel, fait bien voir une grande régularité d'allures facile à constater dans cette région par des faits positifs.

Diagramme IV, planche VI. — La coupe représentée suit le parallèle de 51°5′ et elle s'étend du forage n° 33 de Westerloo au forage n° 31 de Eelen.

Il est à remarquer que les divers forages houillers qui se trouvent englobés dans ces dernières coupes ne sont pas exactement situés sous l'un ou l'autre de ces deux parallèles. Nous les y avons reportés, en tenant compte des pendages kilométriques vers le Nord. Dans la planche VI, on remarquera combien peu la base du Crétacique est affectée par l'intercalation des roches triasiques; ce qui montre aussi l'âge antésecondaire de certaines des *failles houillères* qui existent dans le bassin du Nord.

Diagramme V, planche VII. — La coupe Nord-Sud que nous fournissons ici en annexe, *en dehors* de la région houillère du Nord, est notre diagramme central, ou axe géologique de la Belgique septentrionale. C'est la coupe du méridien de Bruxelles, jalonnée par quatorze forages artésiens, depuis Rhode-Saint-Genèse, sur la rive droite de la Senne, jusqu'au polygone de Brasschaet, en passant par Vilvorde, Malines, Aertselaer et Anvers. L'allure régulière des formations tertiaires y est nettement mise en évidence.

LES

FORMATIONS OPHITIFÈRES DU CRÉTACÉ

PAR LE

Dr Federico SACCO (1)

Professeur de Géologie et de Paléontologie, à Turin.

PLANCHE VIII

Dans la série des roches qui constituent l'écorce terrestre, on rencontre, à des niveaux multiples et dans diverses régions, des formations spéciales, particulièrement schisteuses : par exemple les *Bündener Schiefern* et les *Grüne Schiefern* ou *Bündener-Grünen-Schiefern* avec ou sans *Grünsteine* des Alpes centrales, la *Zona delle Pietre verdi* et les *Schistes lustrés* des Alpes occidentales, les *Matreier Schiefern* et formations analogues de la *Schieferhülle* des Alpes orientales, les *Athener Schiefern* de l'Attique, les *Crystalline schists* de la Californie, les *Argille scagliose* de l'Apennin septentrional, etc., qui comprennent des roches variées et particulièrement magnésiennes et verdâtres (*Pierres vertes*, *Grünstein*, *Ophites* l. s., etc.), c'est-à-dire serpentines, chloritoschistes, amphibolites, diabases, variolites, lherzolites, péridotites, saxonites, hypersthénites, euphotides ou gabbros, ovardites, prasinites, picrites, dunites, harzburgites, banatites, limburgites, diallagites, bronzitites, hornblendites, wehrlites, hypérites, teschenites, théralites, diorites et épidiorites, norites, granites, roches dioritoïdes, granitoïdes et porphyroïdes diverses, etc.

Or, c'est une règle générale, probablement en étroite relation avec la nature chimique et le mode d'origine de ces *pierres vertes*, que ces formations, que j'appellerai *ophitifères* (me servant de ce nom par loi

---

(1) Présenté à la séance du 21 mars 1905.

de priorité et dans le sens général et collectif, c'est-à-dire comme s'en servirent originalement Dioscorides Λίθος ὀφιτης A. D. 50 environ, Pline, *Ophites*, A. D. 77 et Agricola, *Ophitae*, 1546), sont très pauvres en restes fossiles ou même en manquent tout à fait. Il en résulte que leur position statigraphique et chronologique est souvent incertaine, si bien que, malgré les nombreuses études faites à cet égard, ballottées par les divers auteurs, elles sont classées dans les étages géologiques les plus variés, comme l'ont été, par exemple, les ***Bündner Schiefern*** (B. Studer, 1837) depuis l'Archaïque jusqu'à l'Oligocène!

Ces difficultés d'interprétation chronologique dérivent non seulement de l'excessive pauvreté de restes fossiles, mais aussi, puisqu'il s'agit de dépôts essentiellement argileux, de ce qu'ils subirent d'abord eux-mêmes les contorsions et les renversements les plus variés et favorisèrent en outre les plus extraordinaires plissements et les plus grandioses glissements des formations voisines ou superposées, rendant ainsi souvent très compliquée la tectonique des régions où elles se développent, et, enfin aussi, de ce que, réellement, ces formations spéciales sont plus ou moins complexes, c'est-à-dire peuvent correspondre à plusieurs étages géologiques.

En outre, on doit remarquer que ces formations spéciales se répètent avec facies analogues et avec une espèce de récurrence à divers horizons géologiques, puisque l'on en rencontre dans l'Archaïque, dans le Paléozoïque, dans le Mésozoïque et jusque dans le Cénozoïque; ce qui augmente la confusion en donnant lieu à des parallélismes et à des identifications qui, quelquefois, sont seulement lithologiques.

Enfin, à ces difficultés de rapport chronologique, il faut ajouter aussi le fait que quelquefois le facies métamorphique de ces formations en cache ou en rend douteuse l'origine sédimentaire, et principalement que les ophites qui y sont englobées ne se présentent pas comme des roches filoniennes ou en dykes ou en quelque autre manière évidemment endogène, comme semblerait l'indiquer leur nature lithologique, mais, au contraire, comme des intercalations dans les roches sédimentaires, ce qui fait que leur origine, intrusive-laccolithique pour quelques-uns, sédimentaire-métamorphique pour d'autres, laisse encore des doutes graves, pouvant se prêter à des interprétations variées.

La Haute-Italie, soit dans la région alpine occidentale, soit dans la région apennine septentrionale, présente ces formations spéciales énormément développées et puissantes, ce qui, comme à l'ordinaire, en a entravé beaucoup la connaissance géologique, si bien qu'aujourd'hui, après un siècle d'études, nous devons à regret constater que, si

pour certaines formations à facies cristallin (comme les *Casanna Schiefern* de Théobald, les *Apenninites* de Gastaldi ou les *Bésimaudites* de Zaccagna), on a déjà pu avec certitude établir que, malgré leur cristallinité, elles peuvent se rapporter au Permo-Carbonifère, au contraire les *Bündener Schiefern* de Studer, les schistes grisons, la *Zona delle Pietre verdi* de Gastaldi, les *Schistes lustrés* des géologues français, les *Kalkschiefern*, en général, des Allemands, la *Schieferhülle* (pars) de l'Hohe Tauern et d'autres régions des Alpes autrichiennes, les *Kalkthonphylliten* de la Basse-Engadine, les *Argiles écailleuses* et autres facies du *Flysch ophitifere* de l'Apennin, etc., forment encore l'objet de graves et fortes divergences entre les géologues. Ils ont pu seulement se mettre d'accord sur le fait que, de ces formations, il existe une série ancienne, essentiellement alpine (la série *cristallophyllienne* ou *zone des pierres vertes*), que l'on fait osciller de l'Archaïque au Secondaire, et qu'il faudra peut-être diviser en plusieurs périodes géologiques, et une série récente, essentiellement apenninique, ou zone des *argiloschistes ophitifères,* que l'on met généralement dans l'Éocène, mais que je crois plutôt du Crétacé.

Laissant de côté la formation ancienne ou alpine, je m'occuperai dans cette note de la formation apenninique, sur laquelle, après quelques incertitudes d'attribution chronologique des divers terrains constituant la chaîne de l'Apennin, les géologues italiens se sont généralement mis d'accord, depuis une trentaine d'années, pour admettre qu'il s'agit de l'Éocène et même, pour la majorité d'entre eux, de l'Éocène supérieur.

Malgré cet accord presque général, qui semblait avoir résolu définitivement le problème de l'âge des *argiles écailleuses* et des *argiloschistes ophitifères* variés de l'Apennin septentrional, quand, il y a plus de quinze ans, je commençai l'étude géologique de cette région, des doutes se présentèrent à moi sur l'interprétation stratigraphique et chronologique de ces terrains. En conséquence, déjà dans une note spéciale sur le *Ligurien* (B. S. G. F., 3, XVII, 1888), étage établi par Mayer en 1857, en partie sur un complexe de *Flysch, Calcaire* à Fucoïdes, *Macigno*, etc., de l'Apennin ligurien (d'où le nom de l'étage), modénois (où Pareto établit son étage *modénien*, 1865) et toscan (où Pilla fonda son étage *étrurien*), je commençai à faire connaître (p. 227) que « le Ligurien, comme l'entend son auteur et comme il résulte de l'examen de la localité de la Ligurie sur laquelle il a été constitué, est placé *au-dessous* du *Bartonien* et non *au-dessus*, comme on l'a pensé jusqu'ici » et comme plusieurs l'admettent encore aujourd'hui, et qu'au contraire, il représente essentiellement un facies de l'Éocène moyen et inférieur.

De plus, à la page 226 je concluais : « La formation du *Flysch*, sur lequel M. Mayer fonde son étage *ligurien*, commença déjà à se développer dans quelques régions (comme dans une partie des Apennins italiens, même peut-être en Ligurie, dans les Alpes autrichiennes, dans la Hongrie, dans les Carpathes, en Bosnie, en Roumanie, etc.) pendant le Crétacé », et je proposais, par conséquent, de supprimer le nom de *Ligurien* ou de le conserver seulement pour indiquer un facies spécial développé principalement entre le Crétacé et le Bartonien.

Peu après, à la fin de mon ouvrage sur le *Bacino terziario del Piemonte* (1889-1890), je disais, à la page 931, qu' « une grande partie des *argille scagliose* et d'autres formations renfermées dans le *Ligurien* et considérées comme éocéniques appartiennent déjà au Crétacé », et, à la page 933, que « mes études récentes me porteraient, au contraire, à placer dans le Crétacé presque toutes les Serpentines dites éocéniques ».

L'année suivante, en 1891, je développais d'une manière spéciale cette thèse dans la note sur *L'âge des formations ophiolitiques récentes* (B. S. B. G., t. V), en la corroborant d'une étude générale sur *L'Appennino settentrionale* (B. S. G. I., X, 1891), avec sections et carte géologique au $^1/_{100\,000}$, et soutenant l'âge crétacique de ces formations ophiolitifères avec des données lithologiques, stratigraphiques et paléontologiques. Je continuais ensuite à développer cet argument soit dans des études géologiques, comme : *L'Appennino dell' Emilia* (1892); *La Toscana* (1896); *L'Appennino della Romagna* (1899, B. S. G. I.), appuyées des cartes géologiques au $^1/_{100\,000}$, soit par des recherches paléontologiques spéciales, comme : *Contribution à la connaissance paléontologique des argiles écailleuses et des schistes ophiolitiques de l'Apennin septentrional* (B. S. B. G., VII, 1893).

Quoique après cela certains géologues qui s'occupèrent, dans ces dernières années, de l'Apennin septentrional aient commencé à admettre l'âge crétacique de quelques formations ophitifères, en majorité pourtant elles sont encore aujourd'hui considérées comme éocéniques, ainsi qu'il résulte, par exemple, de la feuille CV de la Carte géologique internationale de l'Europe, parue en 1898. C'est pourquoi je crois bon de signaler de nouvelles et intéressantes données paléontologiques qui, une fois de plus, éclairent le problème et en même temps mettent en évidence que cet âge crétacé du *Flysch ophitifère*, que depuis quinze ans je soutiens pour l'Apennin italien, est en réalité un fait général et assez fréquent sur la Terre.

Dans l'énumération des fossiles, on ne peut attacher une grande importance au nombre infini d'hiéroglyphes variés, traces organiques et inorganiques dénommées *Nemertilithes*, *Taphrhelminthopsis*, *Helminthopsis*, *Helminthoida*, *Pennatulites*, *Halymenites*, *Cylindrites*, *Caulerpa*, *Tœnidium*, *Lorenzinia*, *Paleodictyon*, *Gyrophyllites*, *Paleosceptron*, *Gyrochortes*, *Virgularia*, *Chondrites*, *Zosterites*, *Zoophycos*, *Spyrophyton*, *Nulliporites*, *Gleychenophycus*, etc., que l'on rencontre si souvent dans les stratifications arénacées-calcaires des formations que j'examine, mais qui n'ont pas de valeur stratigraphique absolue, bien que le fait de se trouver souvent avec des Inocérames en indique l'âge crétacé.

Par rapport aux VÉGÉTAUX, on doit rappeler quelques troncs silicifiés, trouvés en Toscane et en Romagne, de conifères des genres *Cupressinoxylon* et *Araucarioxylon* qui, sans avoir une valeur stratigraphique absolue, rappellent néanmoins des restes analogues trouvés dans le Crétacé de diverses régions, comme dans le *Wealdien* de l'île de Wight, dans le *Potomac* du Dakota du Sud, etc.

Mais beaucoup plus importants sont les nombreux restes de *Cycadeoidea* (*C. maraniana*, *C. etrusca*, *C. Masseiana*, *C. Scarabellii*, *C. Capelliniana*, *C. pirazzoliana*, *C. intermedia*, *C. montiana*, etc.) recueillis principalement dans l'Apennin de l'Émilie et de la Romagne, comme aussi près de Rignano sur l'Arno, car il s'agit pour eux de genres essentiellement caractéristiques du Crétacé dans toutes les parties du monde.

Les *Foraminifères*, en particulier des genres *Globigerina*, *Operculina*, *Polystomella*, *Textularia*, *Orbulina*, *Bathysiphon*, etc., sont fréquents, mais pas encore bien étudiés, et d'un autre côté ne semblent pas caractéristiques. Nous pouvons pourtant indiquer qu'on a rencontré des *Bathysiphon*, souvent avec des Inocérames, dans les terrains à facies de *Flysch* (l. s.) de Montese, de Pontassieve, de Scagliero près de Pracchiola (Pontremoli), de l'Olmo (vallée du Mugnone), des collines de Pistoia, de Civitavecchia, etc.

Les *Radiolaires*, au contraire, qui, en nombre infini et avec les formes les plus variées, se rencontrent souvent dans les schistes siliceux, jaspoïdes-phtanitiques de l'Apennin septentrional, au milieu de la formation ordinaire argilo-schisteuse-ophitifère, furent déjà observés par des spécialistes comme Rüst et Haeckel, et récemment étudiés avec un soin extrême par Neviani et Vinassa de Regny; tous les auteurs concluent qu'il s'agit de formes ayant la plus grande affinité avec les espèces du Crétacé et du Jurassique; bien plus, dans leurs études de 1900, M. Neviani (Suppl. Fauna a Radiolari delle roccie mesozoiche

del Bolognese) *n'hésite pas à déclarer comme appartenant au Jurassique inférieur, Tithonique, les roches siliceuses de l'Apennin de Bologne*, et M. Vinassa de Regny (Roccie e fossili di dintorni di Grignana et di Lagaro) *déclare que l'on peut admettre pour ces roches à Radiolaires un âge assez ancien, peut-être jurassique, du Tithonique ou du Crétacé inférieur;* il est à noter en plus que les Radiolaires des formations ophitifères de l'archipel Indien, de la Californie, etc., présentent le même facies; d'autre part, dans l'Apennin même, les études de M. Pantanelli ont démontré depuis plus de vingt ans que les Radiolaires des schistes ophitifères sont presque identiques à ceux des jaspes *tithoniques*.

Les genres les plus communs sont les suivants : *Cenosphaera*, *Carposphaera*, *Dorysphaera*, *Xyphosphaera*, *Xyphostylus*, *Trisphaera* (genre seulement connu dans le Jurassique et dans le Crétacé), *Staurosphaera*, *Stylostaurus*, *Acanthosphaera*, *Conosphaera*, *Actinomma*, *Cenellipsis*, *Ellipsoxiphus*, *Pipettella*, *Stylocyclia*, *Trigonactura*, *Porodiscus*, *Xyphodictya*, *Staurodictya*, *Amphibrachium*, *Dictyastrum*, *Rhopalastrum*, *Halicapsa*, *Dicolocapsa*, *Sethocapsa*, *Theosyringium*, *Dictyomitra*, *Lithomitra*, *Lithocampe*, *Sticocapsa*, *Cyrtocapsa*, etc., etc.

Je rappelle, en passant, les nombreux spicules d'*Éponges* et les restes de *Cliona* (*C. hastata*, *C. cretacea*) trouvés sur les valves d'Inocérames, comme de même les fragments d'Astréides jusqu'ici sans importance. Plus intéressantes sont les découvertes d'*Hémipneustes* et de *Rhynchonella vespertilio*, formes essentiellement crétacées, signalées dans l'Apennin Émilien.

Les Lamellibranches sont particulièrement importants, pas autant pour les très intéressantes, bien que rares empreintes d'*Appenninia Emiliana*, analogue aux *Roudaireia* du Crétacé, que par les innombrables restes d'*Inoceramus*, en particulier de *I. Cripsii*, comme aussi de *I. Monticuli*, *I. labiatus*, *I. cancellatus*, *I. lobatus*, *I. Brongniarti*, *I. cardissoides*, *I. subcardissoides*, *I. Cuvieri*, *I. problematicus*, etc., parmi lesquels pourtant plusieurs ne doivent représenter que des variétés de *I. Cripsii* (1).

---

(1) Aux nombreuses localités indiquées dans mon ouvrage de 1893 (*Contrib. à la connaiss. paléontol.*, etc.), il faut ajouter les suivantes qui sont nouvelles, ou que je n'avais pas encore signalées pour découvertes d'*Inocérames* dans ce travail.

Vignolo, près de Costa dei Grassi, rapporté par Mazzetti; M. Moscoso, dans la vallée de Samoggia (Bologne), trouvé par Neviani; Casola di Ravarana, dans l'Apennin de Parme; Barigazzo, dans l'Apennin de Modène; Casali, au-dessus de Sant' Agata en Mugello et Memmenano en Casentino, découvertes par Lotti; Pillari, près de Travo, dans la vallée de Trebbia, signalée par Rovereto, comme aussi Molazzana, dans la

Je rappelle aussi l'*Ostrea Cocchii* (*O.* cf. *acutirostris* Nils.), trouvée souvent adhérente aux Inocérames en divers points de la Toscane, spécialement aux environs de Pontassieve.

Encore plus intéressants sont les restes de Céphalopodes, parmi lesquels nous noterons : nombreuses *Hamites* (*H. cylindraceus*); quelques empreintes indéterminables de *Scaphites*, de *Toxoceras*, d'*Ancyloceras*, de *Baculites*, de *Turrilites*, etc.; restes de *Desmoceras* (*D.* cf. *planorbiforme*); nombreux *Acanthoceras* (*A. Mantellii* et *A. naviculare*); plusieurs *Schloenbachia* (*S.* cf. *gaupiliana*, *S.* cf. *tricarinata*, etc.), ainsi qu'un grand nombre d'autres *Ammonites* de type crétacé, mais pas assez bien conservés pour permettre une détermination précise.

Aux exemples cités dans mon étude de 1895, on doit ajouter les *Ammonites* toscanes de Vincigliata-Settignano, du Fosso Vicano de Pelago, de Rignano sur l'Arno; celle trouvée entre le Tresinaro et le Crostolo, au mont Evangelo dans l'Émilie, laissant pour le moment de côté l'*Ammonite* de Radicofani, qui pourrait provenir de la région voisine crétacée, circumamiatine; les *Turrilites* de Rignano sur l'Arno

---

vallée de Bisagno (Gênes), selon une découverte que Rovereto m'a communiquée verbalement; environs de la gare du chemin de fer de Berceto, dans la vallée du Taro, observées par Bonarelli; La Costa, Montelungo et Gravagna, au Nord de Pontremoli; Col de la Cisa, au-dessus de Montorsaro, en montant aux Prati di Sara; environs de Pracchiola (territoire de Pontremoli) et au-dessous de Mezzana, dans la vallée du Lucido de Vinca, découvertes ou signalées par Zaccagna; C. de Masseto-Passo de l'Olmo, alentours de V. Francolini, au-dessus de l'Olmo; V. Galardi et V. Giuliani, dans la vallée du Mugnone, et Saint-Gersolé (Galluzzo), sur la gauche de l'Arno, découvertes par De Stefani, Trabucco et Marinelli, dans l'arrondissement de Florence.

Dans la région florentine (l. s.), les Inocérames (spécialement *I. Cripsii*) furent recueillis en très grand nombre, ainsi que l'ont indiqué plusieurs auteurs et comme il résulte aussi de l'examen de différentes collections (Musée géologique de Florence, de Bologne, de Pise; collection Strozzi, à Montefiesole, où j'ai observé une cinquantaine d'Inocérames et une vingtaine d'Ammonites provenant des environs de Pontassieve). Je rappelle, par exemple, les localités suivantes : collines de Florence, T. Faltona en Mugello; Vaglia; Pratolino; au bas du mont Senario; Villamagna; Casa al Vento, près de Vincigliati : S. Lorenzo à Serpiolle; Marnia; Molino di Boso; Poggione sur Seranza; Fosso Vicano de Pelago et de Saint-Ellero, et autres points des environs de Pontassieve; Rignano sur l'Arno; Tavernuzze et Montebuono; quelques points du Préappennin de Pistoia, comme, par exemple, près de Piteccio et dans le tunnel du chemin de fer sous C. Ponsano, près de la gare de Vajoni, au Nord de Pistoia (localité typique pour la superposition des calcaires et grès jaune grisâtre avec Nummulites sur les schistes bruns ou rougeâtres avec Inocérames), tout en laissant de côté la fameuse localité fossilifère de M. Ripaldi qui, néanmoins, entre parfaitement, pour moi, dans la série de la formation schisteuse en question. Je rappelle enfin l'*I. Cripsii*, découvert par De Stefani, près de Pianali, dans le territoire de Campiglia.

et de la Marnia près de Pontassieve. Rappelons enfin aussi le *Nautilus* des environs de Pontassieve.

Les Poissons laissèrent de nombreux restes, vertèbres et dents, principalement de *Lamna*, *Oxyrhina*, *Carcharodon*, *Notidanus* et *Otodus*, souvent indéterminables comme espèces; néanmoins, on a déjà recueilli en plusieurs endroits des dents d'*Oxyrhina Mantellii*, de *Ptychodus polygirus*, d'*Otodus appendiculatus*, c'est-à-dire d'espèces strictement crétacées, ainsi que je l'ai déjà indiqué dans le mémoire précédent de 1893. Souvent même il ne s'agit pas de rares découvertes, mais aussi de véritables nids ou accumulations fossilifères dans les plus typiques argiles écailleuses, où l'on peut recueillir par dizaines ces fossiles caractéristiques du Crétacé; ce fait ne constitue pas une découverte récente, puisque quelques-uns des plus importants gisements sont connus depuis près d'un siècle, comme ceux découverts et décrits par Cortesi dans ses *Saggi geologici* de 1819. Seulement, ils furent généralement méconnus ou négligés, ou à peine signalés, comme par Simonelli dans ses *Appunti sopra la fauna e l'età dei terreni di Vigoleno* (1896).

Dans une note récente sur *Denti di Ptychodus nell' Appennino modenese* (1904), le professeur Pantanelli signale que, dans la collection du Musée de Modène, il y a deux dents de *Ptychodus polygyrus* provenant d'une localité imprécisée de l'Apennin de Modène; en plus, on conserve dans la même collection une dent de *Pt. polygyrus* provenant des environs de Sarzano, province de Reggio (où, en effet, les argiles écailleuses affleurent largement à moins de 1 kilomètre de ce petit pays qui est situé sur le Miocène), et une dent de *Pt. decurrens* des environs de Rocca Santa Maria (autre petit bourg fondé sur un îlot miocénique qui repose directement sur les typiques « argiles écailleuses », très proches et très étendues); et enfin, il indique que récemment l'on a recueilli trois dents de *Pt. polygyrus* près de Grizzaga, sous Montagnana, c'est-à-dire toujours en une région où sont très développées les argiles écailleuses.

Au Musée géologique de l'Université de Parme, on conserve de très nombreuses dents de poissons, recueillies en partie par Cortesi il y a un siècle et en partie par G. Mariotti et d'autres en des localités différentes et éloignées l'une de l'autre, localités où affleurent les typiques argiles écailleuses, spécialement rougeâtres, ophitifères, comme Poggioli rossi (dans le voisinage du hameau des Bignoni) près de Vernasca, Burroni rossi au Sud-Est de Fornovo di Taro, S. Vitale de Baganza et Faviano au Sud-Est de Langhirano.

Vu la grande importance de ces restes de poissons, recueillis en diverses zones typiques des argiles écailleuses ophitifères de l'Apennin de Parme et de Plaisance et qui me furent communiqués par M. le docteur Sangiorgi, je crus opportun de prier l'illustre spécialiste en ichthyologie, M. le professeur Bassani, de les examiner, ce qu'il fit avec ses soins habituels; cela me permet d'en donner aujourd'hui, en outre de l'illustration (Pl. VIII), la détermination suivante :

Nombreux *Ptychodus latissimus* Ag., *Pt. polygyrus* Ag., *Pt. mamillaris* Ag., et rares *Pt. decurrens* Ag., tous recueillis aux environs de Vernasca; quelques *Odontaspis Bronni* Ag., provenant de même des argiles écailleuses de Poggioli rossi près de Vernasca; rares *Scapanorhynchus subulatus* Ag., des environs de Vernasca; plusieurs *Scaphanorhynchus raphiodon* Ag., des argiles écailleuses ophitifères de Poggioli rossi près de Vernasca; nombreuses dents d'*Oxyrhina Mantelli* Ag., recueillies dans les argiles écailleuses de Vernasca et spécialement aux Poggioli rossi, de S. Vitale de Baganza, de Faviano, etc. Plusieurs dents d'*Oxyrhina angustidens* Reuss de Vernasca et de S. Vitale de Baganza; nombreux *Corax pristodontus* Ag. de Poggioli rossi près Vernasca; un exemplaire de *Pseudocorax affinis* Ag. de la même localité, et enfin, dans les argiles écailleuses de Poggioli rossi près de Vernasca, et de Burroni rossi près de Fornoro de Taro, plusieurs dents de *Carcharodon* analogues au *C. longidens* Pill. et au *C. angustidens* Ag. et identiques à celles trouvées par Bassani dans la *Scaglia rossa* du Crétacé du Trentin et de la Vénétie (1).

Cette liste de fossiles ichthyolitiques déterminés par un éminent spécialiste me semble assez éloquente pour préciser l'âge des argiles écailleuses ophitifères de l'Apennin septentrional, qui appartiennent évidemment au Crétacé supérieur, puisque ces espèces fossiles se rencontrent depuis le *Cénomanien* jusqu'au *Danien*, étant néanmoins prévalentes dans le Crétacé supérieur ou *Sénonien* l. s., et spécialement dans le *Campanien*.

En outre de cette splendide faune ichthyolitique des argiles écailleuses de l'Apennin de l'Émilie et en outre des restes semblables déjà rappelés dans mon mémoire précédent, on peut aussi indiquer que l'on a recueilli des dents de *Ptychodus* dans les argiles galestrines qui

---

(1) Plusieurs de ces dents, spécialement de *Carcharodon* et d'*Oxyrhina Mantellii*, sont en partie recouvertes et imprégnées de cuivre natif et de malachite, comme celles des schistes rouges de Rio delle Caselle près de Gênes, décrites par M. le professeur Issel, ce qui est particulièrement intéressant à divers égards.

entourent l'affleurement liasique de Mommio dans la Garfagnana septentrionale. A propos de dents de *Ptychodus*, je rappelle que l'on en a trouvé dans le Pliocène de Saint-Quirico d'Orcia et de Castellarquato près Plaisance; or, comme dans les environs immédiats de ces dépôts se trouvent les argiles écailleuses du Crétacé, que nous avons vues çà et là assez riches en dents de *Ptychodus* (comme, par exemple, dans le territoire de Plaisance), il paraît naturel d'en expliquer le dépôt dans le Pliocène par des remaniements.

Il faut aussi rappeler le reste de Crocodilien, *Capelliniosuchus mutinensis*, de Saint-Valentino (Apennin de Reggio). Mais de la plus haute importance est la découverte d'*Ichthyosaurus campylodon* faite, il y a quelques années, dans les argiles écailleuses de Gombola, dans la vallée de Rossena (Apennin de l'Émilie); ce reste très intéressant ne représente pas un fait isolé, puisque depuis environ un siècle Cortesi, précisément dans son voyage de 1809, découvrait plusieurs dents d'*Ichthyosaurus* dans les argiles écailleuses des Poggioli rossi, au-dessus de Vernasca, et en figurait une dans la planche IV, figure 9, de ses *Saggi geologici degli Stati di Parma e Piacenza* (1819), en les attribuant, page 119, à un reptile du Crétacé, se doutant qu'il pouvait être le *grand'animale delle petriere di Maestricht*.

Et malgré tout cela, on soutient encore généralement aujourd'hui que les argiles écailleuses de l'Apennin septentrional sont éocéniques!

Mais si, laissant l'Italie, où il existe une espèce de prévention contre l'idée de l'âge crétacé des argiloschistes ophitifères, nous jetons un regard rapide sur d'autres parties de la Terre, nous voyons que cette idée est, au contraire, largement acceptée et appuyée dans les pays les plus différents et les plus éloignés.

Une grande partie des affleurements ophitiques qui apparaissent dans les Pyrénées, principalement dans les Pyrénées occidentales, quelquefois avec des amas de plusieurs kilomètres de longueur, comme aussi des schistes et formations variées analogues au *Flysch* (l. s.) (avec rares fossiles qui ne sont souvent que des empreintes de *Fucoides, Chondrites, Scolitia, Arénicolites, Némertilites*, etc.), ont déjà été attribués à différents étages depuis le *Cambrien* jusqu'à l'*Éocène*, mais maintenant (à la suite de la découverte de quelques *Ammonites* et d'études géologiques plus profondes), ils sont attribués au Crétacé, bien que l'on doive admettre le développement du *Flysch* ophitifère dans différents étages paléozoïques et mésozoïques, ce qui a produit tant de confusion. Je

me suis déjà occupé de ce fait, dans une note spéciale, *Osservazioni geologiche comparative sui Pirenei* (1900), rédigée après une excursion géologique faite expressément dans la chaîne pyrénéenne.

D'un autre côté, des phénomènes semblables (c'est-à-dire formations ophitifères) ont été remarqués çà et là, notamment dans le Crétacé de l'Espagne et du Portugal, et moins sûrement de l'Algérie et de la Tunisie. Voir à ce propos les ouvrages de Seunes et Beaugey, Calderon, Stuart-Menteath, Macpherson, Yarza, Vilanova, Kühn, Gomes, Choffat, Carez, etc., et, pour l'Afrique septentrionale, de Coquand, Bleicher, Pomel, Curie et Flamand, Thomas, etc. Pour l'Espagne du Nord, voir spécialement les ouvrages de R. Adan, *Descr. fis. y geol. de Guipùzcoa*, et de L. Mallada, *Sist. infracret. y cret.* [*Explic. Mapa geol. de España* (1904)], qui indiquent bien des Ophites dans les formations crétacées, en grande partie *cénomaniennes*, particulièrement des régions de Guipùzcoa, de Vizcaya, etc.

Déjà dans une note citée plus haut sur l'*Age des formations ophiolitiques récentes* (1891), j'ai indiqué qu'en Suisse certaines formations spéciales analogues au *Flysch* (qui au sens étroit est un terrain éocénique), notamment celles renfermant des roches vertes (diabases, etc.), sont en partie à rattacher au Crétacé. Pour ces formations du *Flysch* crétacé, on peut consulter, par exemple, l'ouvrage récent de Th. Lorenz, *Geologische Studien im Grenzgebiet zwisch. helvet. u. ostalpiner Facies*, II (1901).

Certaines séries très puissantes et très développées du *Wiener Sandstein* ou *Flysch* (l. s.) de différentes régions autrichiennes sont, en général, rattachées au Crétacé, principalement les *Karpathen Sandstein*, les *Teschenschiefern* et formations semblables argilo-schisteuses, arénacées et calcaires, avec les *Grünsteine* subordonnées, parmi lesquelles les spécialités lithologiques, essentiellement diabasiques, connues sous les noms de *Teschenite*, *Picrite*, etc., comme aussi le *Banatite* et autres semblables des Carpathes, des Balkans, etc. A consulter, à cet égard, les nombreux et importants ouvrages de Tietze, Paul, Toula, Klvaña, Matyasovsky, Hohenegger, Tschermak, Rohrbach, Mojsisovics, Redlich, Zuber, Katzer, Zujovic, Tzajnocha, etc.

D'autres zones ophitiques se retrouvent dans des formations analogues, aussi crétacées, du *Flysch* (l. s.) de la Bosnie, de l'Herzégovine, de la Serbie, de l'Illyrie, de la Macédoine, etc., selon les recherches de Boué, Hilber, von Sohn, Schafurzich, Neumayr et Burgerstein, Zujovic, Cvijc et Oestreich, Neumann, Tietze, Mojsisovics et, très récemment, de Katzer dans ses *Geologische Führer durch Bosnien* (1903) et *Ueber der*

heutige Stand der geologische Kenntniss Bosniens und der Hercegowina (1904).

D'âge crétacé sont les *Athener Schiefern* et autres formations ophitifères complexes (serpentines en particulier) de la Grèce et de la mer Égée, selon les études anciennes de Virlet et celles, récentes, de Neumayr, de Sauvage et notamment de Philippson, *Der Pelopones* (1891), *Reisen und Forschungen in Nord-Griechenland* (1895), *Thessalien und Epirus* (1897), de Lepsius, *Geologie von Attica* (1893), et de De Launay, *Étude géologique sur la mer Égée* (1898).

On doit observer pourtant qu'en Grèce, comme d'ailleurs en plusieurs autres régions où le *Flysch ophitifère* du Crétacé se développe, il semble exister un facies analogue dans des terrains plus anciens de régions plus ou moins voisines. Cette distinction de deux séries ophitifères dans la Grèce et dans les régions voisines, déjà indiquée par Philippson et Lepsius, fut mieux précisée par De Launay (*loc. cit.*) et par I. Deprat dans ses récentes publications : *Les roches éruptives de l'île d'Eubée* (1903), *Note géologique sur le Massif Pélion* (1904) et *Étude géologique et pétrographique de l'île d'Eubée* (1904), où il affirme, à l'encontre des idées exprimées par Teller dans ses *Geologische Beschreibung der sudöstliche Thessalien* (1880) et *Der geologische Bau der Inseln Eubaea* (1880), et en partie aussi par Philippson (*loc. cit.*), qu'une puissante série de schistes cristallins avec pierres vertes désignés comme crétacés sont, au contraire, bien plus anciens; mais il admet néanmoins la présence de roches basiques (serpentines dérivant de gabbros, diabases, gabbros, gabbros-norites, péridotites, lherzolites, harzburgites, diorites, dunites, picrites, wehrlites, etc., en amas qui lui semblent intrusifs, et qu'il interprète comme laccolithes), dans les calcaires du Secondaire moyen et supérieur et qui percent aussi le Crétacé supérieur à facies de *Flysch*.

En somme, nous devons admettre qu'il existe en Grèce et dans les régions environnantes un *système cristallophyllien ophitifère* plus ou moins ancien et représenté par des gneiss, micaschistes, chloritoschistes, schistes amphibolitiques, calcschistes, marbres, serpentines et autres roches vertes, évidemment une série sédimentaire métamorphique, probablement contemporaine des roches analogues alpines dont nous nous sommes occupé dans les premières pages de cette note (et d'un âge variable, mais en général certainement plus récente que ce qu'indiquerait son facies archaïque), et un *Flysch ophitifère crétacé;* tout cela en analogie' avec ce qui se constate dans la Haute-Italie entre les Alpes et l'Apennin (dans la Ligurie, par exemple), comme aussi en d'autres régions ou centres ophitifères de la Terre.

Selon les études de Kock, de Tchihatcheff, *Géologie de l'Asie Mineure* (1867), et d'Abich, *Geologische Forschungen in den Kaukasischen Ländern* (1882), et plus récemment de Schaffer, *Geologischen Studien im südostlichen Kleinasien* (1900), on rencontre en Asie Mineure (chaîne tauro-dinarique, chaîne bithyno-pontique, etc.) des terrains calcaires du Crétacé avec serpentines, gabbros et schistes verts variés, avec un prolongement de terrains analogues dans l'île de Chypre, selon les recherches de Bergeat, *Zur Geologie der mass. Gesteine der Insel Cypern* (1891), dans l'île de Rhodes, selon les études de Bukowschi, *Grundzüge der geologische Baues der Insel Rhodus* (1899) et *Geologische Uebersichtkarte der Insel Rhodus* (1898), et dans l'île de Karpathos, où affleurent des roches basiques (péridotites, diabases, gabbros) et où M. De Stefani, *L'île de Karpathos* (1895), signale des jaspes avec radiolaires semblables à ceux indiqués dans l'Apennin septentrional. On doit observer néanmoins que dans l'Asie Mineure et pays environnants, il existe également deux séries ophitifères, une plus ancienne ou *système cristallophyllien*, et une plus récente (crétacée), comme je l'ai indiqué plus haut pour la Grèce.

Dans le Caucase méridional, dans l'Arménie, etc., on rencontre des formations qui semblent crétacées, avec des théralithes (voir Tschermak, etc.) et des roches vertes analogues, comme il résulte déjà de l'ouvrage classique d'Abich, *Geologie des Armenischen Hochlandes* (1882), qui indique un grand développement de diabases, serpentines, gabbros et teschénites dans le Crétacé, et comme il résulte aussi de la Carte géologique d'ensemble de la Russie publiée en 1892-1893 et d'autres études spéciales.

Des formations semblables d'âge crétacé, principalement schisteuses, quelquefois avec des ophites analogues aux teschénites des Carpathes et autres roches plus ou moins magnésifères basiques (quelquefois aussi acides), sont signalées dans la Perse, le Béloutchistan, l'Afghanistan (chaîne de l'Inducus), le Turkestan et dans la chaîne de l'Hymalaya, par les ouvrages de Smith, *On the Geology of the Tóchi Valley* (1895), de Hayden, *On some igneous rocks from the Tóchi Valley* (1896), de Oldham, *A manual of the Geology of India* (1892), de Griesbach, *Field-notes from Afghanistan* (1886-1887), *Afgan and Persian Fieldnotes* (1886), *Notes on the central Himalayas*, etc. Ce dernier auteur signale aussi les *Giumal Shales* du Crétacé inférieur avec éruptions basiques et granites amphibolitiques et syénitiques et autres roches éruptives qui semblent d'âge crétacé.

Poursuivant notre examen vers l'Est, nous trouvons qu'avec l'affais-

sement, l'expansion et la subdivision du grand faisceau orogénique (qui, réuni, forme la chaîne imposante et complexe de l'Himalaya), les formations ordinaires ophitifères continuent à apparaître aussi dans le Crétacé de la Birmanie et plus bas, vers le Sud et le Sud-Est, dans les îles du golfe de Bengale (Andaman, Nicobar, etc.), dans l'archipel Malais à Sumatra, Java, Bornéo, etc. On y a, en effet. constaté des amas énormes de silicates magnésiens dans le terrain crétacé qui, là aussi, présente très développé le facies du *Flysch* (par exemple le *Flysch d'Arrakan* dans la Birmanie). Les sources salines-pétrolifères, les salses, les volcans de boue et autres formations semblables de la Birmanie, comme de certaines îles de l'archipel Malais, pourraient être en relation profonde avec ces phénomènes ophitifères. Theobald, *On the Geology of Pegu* (1873); La Touche, *Note on the Geology of the Lushai Hills* (1891); Rinck, *Die Nikobar Inseln* (1847); Hochstetter, *Beitrage zur Geologie und physikalische Geographie der Nikobar Inseln* (1877); Stoliczka, *Die Andamanen* (1868); Ball, *Notes on the Geology of the vicinity of Port Blair, Andaman* et *Brief notes on the Geology. . Nicobar* (1870); Medlicott et Blanford, Bulger, Mallet, *On some of the Mineral Resources of the Andaman Island* (1884); Oldham, *Notes on the Geology of the Andaman Islands* (1885); Traverso, *Roccie di Sipora, Isole Mentawei* (1895); Verbeeck, *Topographische en geologische Beschrijving van een Gedeelte van Sumatra's Westkust* (1883); Wing Easton, Verbeeck, Fennema, Martin et autres auteurs, en ces dernières années, s'occupèrent des serpentines, péridotites, gabbros, diabases et roches vertes variées en relation avec les roches crétacées (souvent à facies de *Flysch*), dont quelques-unes contiennent *Orbitolina concava*, de ces régions.

Un grand ouvrage synthétique et spécialement intéressant est celui de Verbeeck et Fennema, *Description géologique de Java et Madoura* (1896), d'où il résulte qu'en cette région le Crétacé est représenté par des schistes à serpentines, schistes chloriteux fendillés, souvent verdâtres ou brun rougeâtre par altération, schistes micacés, schistes talqueux, schistes argileux ou argilolites, quartzites ou quelques couches calcaires à *Orbitolina*, le tout avec alternance, sans ordre régulier de succession, avec lentilles quartzeuses ou felsitiques et avec de vrais bancs interposés de diabases, de gabbros, de serpentines, etc.; l'intercalation des couches de diabases avec les schistes s'observe particulièrement bien dans la chaîne de Diiwo.

Ce terrain compliqué (*terrain du Loh oulo* ou *Krytformation* selon que l'indiquent les auteurs) semble correspondre essentiellement au *Cénomanien-Sénonien*, malgré son facies ancien, et doit constituer le

substratum de Java; mais il est en grande partie caché par les dépôts tertiaires puissants et étendus à travers lesquels il apparait çà et là en de minimes points. Les couches sont habituellement très redressées et ont subi des incurvations et des plissements nombreux, selon le cas typique de l'Apennin italien. Cette formation, couverte çà et là par les terrains éocéniques, doit être très puissante, puisque nulle part on n'y aperçoit des terrains plus anciens. Il est enfin remarquable que dans l'Éocène, l'Oligocène et le Miocène de Java apparaissent encore, à des niveaux variés, et interstratifiées avec les terrains sédimentaires, des roches éruptives diverses, spécialement andésitiques et basaltiques, avec caractère partiellement de diabases et de gabbros, nous montrant ainsi un très intéressant passage des ophites aux roches nettement éruptives.

M. Hooze, dans ses différents ouvrages sur Bornéo, publiés de 1888 à 1893, M. Verbeeck, dans sa *Geologische Beschrijving van Borneo* (1875), et spécialement M. Molengraaff, dans ses études récentes, *Die Niederländische Expedition nach Zentral-Borneo in den Jahren 1893 und 1894-1895* et *Geologische Verkenningstochten in Central-Borneo* (1900), signale des roches serpentineuses, diabasiques et gabbroïdes associées à des schistes et jaspes à Radiolaires dans des terrains jurassiques ou crétacés du centre de Bornéo.

On doit noter que les Radiolaires de ces jaspes rouges, inclus parmi des schistes feuilletés diabasifères, selon M. Hinde, *Description Foss. Radiol. from the Rocks of Central-Borneo* (1899), rappellent spécialement ceux du Jura européen, ainsi que le signalent aussi les paléontologues qui ont étudié les Radiolaires soit de l'Apennin italien, soit de la Californie; ce qui semble prouver essentiellement que la faune radiolarique du Jurassique ne se diversifie pas beaucoup de celle du Crétacé. Mais peut-être, selon des études récentes, les formations avec jaspes à Radiolaires de Bornéo seraient-elles vraiment jurassiques et inférieures aux formations schisteuses diabasifères du Crétacé.

Mon excellent ami le docteur G. Bonarelli, de retour récemment de l'île de Bornéo, où il a poursuivi des études géologiques pendant plus de deux ans, me signale, en une aimable communication verbale (mars 1905), que dans cette grande île, au-dessous de la série typique éocénique, l'on a une série variée de grès schistoïdes, schistes argileux, bigarrés, qui renferment plusieurs roches du type effusif (comme serpentines, diorites, gabbros, diabases, porphyrites diabasiques, etc.), le tout d'âge crétacé, puisqu'ils sont en connexion avec des calcaires à Orbitolines et à Rudistes.

Je suis heureux de citer ces observations faites par un savant qui, de

même, connaît si bien les formations ophitifères de l'Apennin septentrional et a pu en constater directement les notables analogies avec celles de Bornéo.

Aux îles Philippines, on voit le *Nummulitique* s'appuyer sur des gabbros, diabases, etc., probablement d'âge crétacé; on peut en dire autant à peu près pour les Moluques, avec continuation à l'Est jusqu'à la Nouvelle-Guinée, régions dans lesquelles, selon les études récentes de Verbeeck, *Voorloopig Verslag over eene geologische Reis door het Indischen Archipel* (1900), des gabbros, serpentines, péridotites et autres roches très basiques doivent être attribuées essentiellement au Crétacé.

Je rappelle ici, par rapport à l'archipel Japonais, que la récente *Geological Map of the Japanese Empire, compiled by the Imperial Geological Survey of Japan* (1902), montre des affleurements de gabbros, serpentines, péridotites, etc., aussi bien dans le Paléozoïque que dans le Crétacé.

Relativement au Japon, je suis heureux de pouvoir citer les observations que mon ami, le docteur Bonarelli, m'a verbalement communiquées récemment; au cours de quelques excursions géologiques qu'il a accomplies en ces derniers temps dans ces régions, près de Odawara, il a pu constater le développement des formations schisteuses ophitifères d'âge crétacé, c'est-à-dire un *Flysch* crétacé, constitué par des argiloschistes, marnes et grès (le *Misoka-series* de Suzuki) renfermant des roches dioritiques, diabasiques, etc.

D'un autre côté, des formations semblables, en majorité schisteuses, ophitifères, c'est-à-dire avec des roches fortement magnésifères, en grande partie d'âge crétacé, alignées, comme nous avons dit, depuis le grand faisceau orogénique de l'Himalaya vers le Sud-Est dans la chaîne d'Arrakan et autres de la Birmanie, descendent ensuite dans les nombreuses îles de l'archipel Indien ou Malais et s'étendent enfin depuis la Nouvelle-Guinée et les îles environnantes vers le Sud jusqu'à la Nouvelle-Calédonie et à la Nouvelle-Zélande, selon les recherches de Pelatan, *Les Mines de la Nouvelle-Calédonie* (1902), de Glosser, *Les richesses minières de la Nouvelle-Calédonie* (1903), Pirouet, *Note préliminaire. Géologie de la Nouvelle-Calédonie* (1903), etc. Néanmoins, ces auteurs admettent également le développement, dans ces régions, de serpentines et d'autres roches cristallines analogues dans des terrains plus anciens, selon ce que j'ai dit se vérifier dans les zones ophitifères d'autres régions (Grèce, Asie Mineure, Haute-Italie, Pyrénées).

Si maintenant, traversant le Pacifique, nous passons au continent américain, nous trouvons avant tout les *Crystalline schists* de la *Cali-*

fornian ou *Franciscan series*, série très complexe et puissante (avec de très rares traces d'*Inocérames*) comprenant des jaspes et phtanites à Radiolaires ou *Radiolarian cherts* (à facies jurassico-crétacique selon M. Hinde, c'est-à-dire absolument comme les Radiolaires de la série argilo-schisteuse de l'Apennin italien), avec les péridotites et pyroxénites corrélatives, en grande partie serpentinisées (considérées en partie comme des laccolithes), diabases et roches semblables métamorphiques, spécialement dans la Sierra Nevada, Coast Range, etc. Or, cette complexe et puissante formation, plus ou moins métamorphique, çà et là ophitifère, pauvre en fossiles et si analogue à celle de l'Apennin italien, est généralement considérée comme d'âge crétacé. Voir, à ce propos, les ouvrages très intéressants de Becker, *Cretaceous metamorf. rocks of California* et *The Crystalline schists of the Coast Ranges of California* (1888), de A. C. Lawson, *Sketch of the Geology of the San Francisco Peninsula* (1893), de Palache, *The Lherzolite-Serpentine and associated Rocks of the Potrero, S. Francisco*, de H.-W. Turner, *The Geology of Mount Diablo, California* (1891), de Whitney, Fairbanks, *Geology of the Southern Coast Ranges* (1898), etc. Rappelons ici que M. Wolff, *Notes on the petrography of the Crazy Mountains* (1885), a observé dans le territoire de Montana, parmi les formations crétacées, des amas de roches indiquées comme *théralites*, qui rappellent les *teschénites* des formations crétacées des Carpathes.

Dans la région des Andes, M. Stübel, dans son étude très intéressante : *Die Vulkanberge von Ecuador, geologisch. topographisch. aufgenommen* (1897), signale que dans l'Ecuador la Cordillère est en grande partie constituée par des schistes métamorphiques, associés à de puissantes assises crétacées, accompagnées par des roches diabasiques, dioritiques, etc.

Je rappelle aussi qu'au Mexique, les bigarrées *Pizarras de Nicoxtla* du Crétacé [voir Böse, *Geologia de los Alrededores de Orizaba* (1899)] ressemblent beaucoup aux argilo-schistes bigarrés de l'Apennin italien.

Remarquables aussi sont les formations crétacées avec roches basiques de l'Arkansas, selon les études de Brunner et Brackett, de Williams, etc.

Enfin, pour notre thèse, les formations schisto-argileuses crétacées à *Cycadeoidea* des Montagnes-Rocheuses, du Maryland (Potomac supérieur, etc.), sont très importantes, étant bien analogues et ayant presque les mêmes fossiles que les argiles écailleuses ophitifères de l'Apennin septentrional, ainsi qu'il résulte des intéressants ouvrages de Lester F. Ward, *Some analogies in the Lower Cretaceous of Europe and America* (1895) et *The cretaceous formation of the Blak Hills as indicated*

by the Fossil Plants (1899), études d'autant plus importantes que leur auteur vint, pour les confrontations, en Italie, afin de visiter les argiles écailleuses typiques (*Scaly clays*, comme il les appelle) de l'Apennin de Bologne, en y trouvant de frappantes ressemblances avec certaines formations crétacées du Potomac (Maryland) et du *Wealdien* de l'île de Wight.

D'après ces brèves données, nous pouvons donc conclure :

1° Que le phénomène géologique spécial, encore un peu mystérieux dans sa vraie origine, et que nous pouvons indiquer synthétiquement sous le nom de *Flysch ophitifère*, se vérifia en de nombreuses régions et, à diverses reprises, presque comme des *récurrences*, pendant la succession des époques géologiques depuis l'Archaïque ; qu'il se répéta généralement, en des périodes successives, mais avec facies semblables, presque dans les mêmes régions, que l'on pourrait presque interpréter comme *centres ophitifères* spéciaux, ce qui retarde beaucoup l'exacte interprétation chronologique de ces formations si pauvres en fossiles;

2° Le phénomène ophitifère (qui fut certainement concomitant avec le dépôt des formations en lesquelles il se développe, puisque les ophites (l. s.) sont intercalées, souvent interstratifiées avec les schistes, et n'apparaissent jamais en filons) eut son dernier développement grandiose spécialement pendant la période crétacée, souvent accompagné par des colorations variées, très généralement rougeâtres, par des minéraux divers (d'où, par exemple, les fameuses régions à minerais de Bilbao, de Montecatini, de la Nouvelle Calédonie, etc.), et des imprégnations pétrolifères (comme dans l'Apennin septentrional, dans les Carpathes, en Birmanie, en Californie, dans le Texas, etc.), mais qui souvent remontent dans les terrains tertiaires superposés. Ce phénomène ophitifère se vérifia sur une zone vaste et très étendue de la Terre (Pyrénées, Apennins, Carpathes, Grèce, Asie Mineure, Caucase, Kurdistan, Afghanistan, Himalaya, Birmanie, archipel Malais (l. s.), Nouvelle-Calédonie, Californie, Arkansas, Maryland, etc.), zone qui pourrait à première vue s'interpréter comme une *ample ceinture terrestre*, l'ancien géosynclinal méditerranéen (l. s.) ou la *Tethys* des géologues, mais qui, en réalité, correspond plutôt aux *zones orogéniques terrestres récentes* que j'ai indiquées comme *apenninico-océaniques* sur la Carte géo-tectonique de la Terre qui accompagne mon *Essai sur l'Orogénie de la Terre* (1895).

Cela n'empêche pas naturellement que ce phénomène du *Flysch ophitifère* n'ait pu se vérifier de même, à un moindre degré et en certaines

régions moins étendues, aussi pendant l'ère tertiaire, notamment à son commencement (Éocène), ainsi que plusieurs auteurs l'ont déjà signalé en certaines régions et spécialement en Espagne, Afrique septentrionale, archipel Malais, etc., presque comme dernière diffusion du phénomène grandiose qui eut son dernier maximum pendant la période crétacée;

3° Comme corollaire soit des faits généraux synthétiquement exposés par rapport au développement du phénomène *Flysch-ophitifère* sur la Terre, soit des faits spéciaux d'ordre stratigraphico-paléontologique concernant l'Apennin italien exposés dans les ouvrages géologiques et paléontologiques variés indiqués dans les premières page de cette note, il résulte d'une façon claire, logique et naturelle que la formation complexe ophitifère (argiles écailleuses, argilo-schistes, etc., avec serpentines, diabases, gabbros, lherzolites, etc.), si étendue et si puissante dans l'Apennin septentrional, est d'âge crétacique et non éocénique, comme on l'a généralement considéré jusqu'aujourd'hui.

EXPLICATION DE LA PLANCHE VIII.

1. *Inoceramus Cripsii* Mant	Tavernuzze, au Sud de Florence.
2. — cf. —	Vallée du Dordone (prov. de Parme).
3. — — —	Montese (prov. de Modène).
4. — — —	— —
5. — — —	— —
6. — — —	Vallée du Dordone (prov. de Parme).
7. *Hamites* cf. *cylindraceus* (Defr.) . .	— —
8. *Acanthoceras* sp..	— —
9. *Pachydiscus* cf. *galicianus* (Favre). .	Costa dei Grassi (Vallée de la Secchia).
10. *Costodiscus* sp.	Vallée du Dordone (prov. de Parme).
11. *Ptychodus latissimus* Ag.	Poggioli rossi, près Vernasca (Plaisantin).
12. — *polygyrus* Ag.	— —
13. — *mammillaris* Ag. . . .	— —
14. — *decurrens* Ag.	— —
15. *Odontaspis Bronni* Ag.	— —
16. *Scapanorhynchus subulatus* (Ag.) . .	— —
17. — *raphiodon* (Ag.). .	— —
18. *Oxyrhina Mantelli* Ag.	— —
19. — —	S. Vitale di Baganza (Parmesan).
20. — —	Faviano (Parmesan).
21. — *angustidens* Reuss. . . .	S. Vitale di Baganza (Parmesan).
22. *Corax pristodontus* Ag.	Poggioli rossi, près Vernasca (Plaisantin).
23. *Pseudocorax affinis* (Ag.)	— —
24. *Carcharodon* sp. (cf. *longidens* (Pill.) ou *angustidens* Ag.)	Burroni rossi, près Fornovo (Parmesan).
25. *Ichthyosaurus* (cop. fig. orig. de Cortesi).	Poggioli rossi, près Vernasca (Plaisantin).

COMPTE RENDU

DE

L'EXCURSION GÉOLOGIQUE

AUX ENVIRONS DE BRUXELLES

A KETELBERG, ETTERBEEK, WATERMAEL, BOITSFORT, STOCKEL ET TERVUEREN

le dimanche 12 juin 1904

PAR

Michel MOURLON

La Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie a repris, le dimanche 12 juin 1904, la série de ses excursions par une conférence-promenade, dont la direction nous a été confiée pour tout ce qui concerne les dépôts de nos mers tertiaires, avec le concours de M. Rutot pour les dépôts fluviaux qui les ont parfois si profondément ravinés (1).

---

(1) Afin de faciliter la lecture du présent travail à ceux qui ne seraient point familiarisés avec les notations et la nomenclature des termes stratigraphiques belges qui s'y trouvent mentionnés, il en est donné ci-après l'énumération avec l'indication des groupes et systèmes de la série générale auxquels ils se rapportent :

alm = Alluvions modernes des vallées. — *ale* = Dépôts limoneux des pentes.
q3n = Quaternaire brabantien non stratifié.
q3m = Quaternaire hesbayen à coquilles terrestres et fluviatiles.
q2 = Quaternaire campinien à *Elephas primigenius*.
q1 = Quaternaire moséen à *Elephas antiquus*.
Tg2 = Tongrien supérieur fluvio-marin. } Oligocène inférieur.
Tg1 = Tongrien inférieur marin. }
As = Asschien. } Éocène supérieur.
We = Wemmelien. }
Le = Ledien. } Éocène moyen.
Lk = Laekenien. }
B = Bruxellien. }
Y = Ypresien. } Éocène inférieur.
L = Landenien. }

Dès 9 heures du matin, nous nous trouvions réunis, au nombre d'une quarantaine, à la jonction du Rond-Point de l'avenue de Tervueren et du boulevard Militaire, et nous nous mettions en route pour observer les superbes affleurements qui vont être passés successivement en revue.

Ketelberg.

A proximité du Rond-Point, on a pratiqué, pour les fondations de maisons, un certain nombre de déblais qui ont fourni des coupes du plus haut intérêt, dont quelques-unes sont encore bien visibles au moment de l'excursion. Ce sont ces coupes qui nous ont permis d'exposer sur place à nos collègues une interprétation nouvelle des dépôts tertiaires de ce point culminant dit « Ketelberg » et de tous ceux analogues du massif de la rive droite de la Senne.

C'est d'abord le déblai pratiqué au coin de la rue Saint-Michel, à la jonction de cette rue et du boulevard Militaire, en un point renseigné sur la Carte topographique au 20 000e comme étant à la cote 92; ce déblai, qui sera désigné ici sous le nom de l'architecte qui en est le propriétaire, présentait, sur sa paroi septentrionale, la coupe que voici :

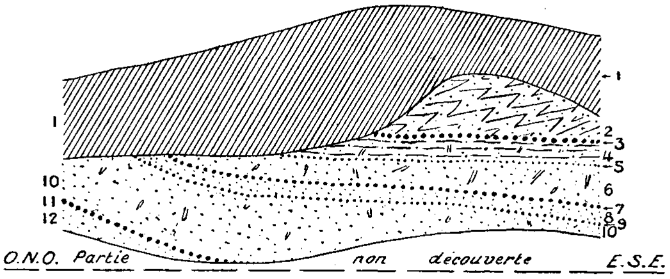


Fig. 1. — Coupe du déblai Dhaeyer.

		Mètres.
r	1. Terrain remanié constitué en majeure partie par un limon brun que l'on croirait en place, mais qui renferme des briquaillons à sa base	2.20
We	2. Sable gris jaunâtre, pâle, glauconifère, légèrement graveleux, à stratification entrecroisée, plus jaune et présentant des tubulations limoniteuses à la partie supérieure, variant en épaisseur de 0m50 à	0.80
	3. Gravier formé de grains de quartz parfois d'un blanc opaque.	0.10
	4. Sable fin, jaunâtre, légèrement glauconifère, stratifié, à tubulations	0.35

	5. Gravier formé de grains de quartz et de glauconie . . .	0.02
	6. Sable fin, jaunâtre, légèrement glauconifère, à tubulations, semblable à 4, mais plus pâle, $0^{m}45$ à	0.60
	7. Gravier légèrement glauconifère.	0.07
	8. Sable fin semblable à 4 et à 6, variant de $0^{m}15$ à. . . .	0.20
	9. Gravier formé de grains de quartz brillant, que l'on prendrait pour du mica, et de grains de quartz blanc.	0.03
	10. Sable fin, jaunâtre et blanchâtre, présentant encore quelques tubulations	1.00
	11. Gravier variant en épaisseur de $0^{m}05$ à.	0 08
Le?	12. Sable fin, gris blanchâtre et jaunâtre, visible sur. . . .	0.40
	TOTAL. . .	5.85

La coupe précédente, formée de sables à tubulations et à stratification entrecroisée, avec plusieurs niveaux de gravier, est identique à la partie supérieure de la coupe de la butte de sable près la ferme de la Petite-Suisse, dont il ne reste plus aucune trace aujourd'hui, et que nous avons considérée comme constituant la base de l'étage wemmelien (1).

Après avoir bien observé le contact de la base du Wemmelien et du sable fin de la couche n° 12 du déblai Dhaeyer, que nous ne rapportons qu'avec doute à l'étage ledien parce qu'elle représente probablement le niveau intermédiaire entre cet étage et le Wemmelien, niveau sur lequel nous avons déjà eu l'occasion d'appeler l'attention (2), nous avons remonté la rue Saint-Michel, à l'effet d'observer, entre celle-ci et le Rond-Point de l'avenue, les couches supérieures aux précédentes qui s'observaient encore à ce moment dans plusieurs déblais.

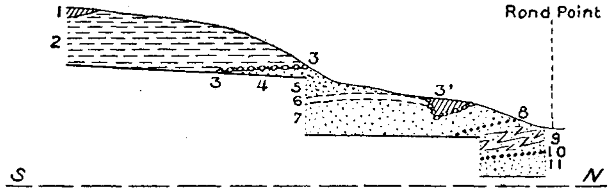
Le premier de ceux-ci présentait une belle coupe de limon quaternaire (*q3n*), visible sur plus de 3 mètres en hauteur et formant, en quelque sorte, l'extrémité méridionale de celle qu'il nous a été donné

---

(1) M. MOURLON, *Compte rendu de l'excursion des membres du Conseil et de la Commission géologique à l'avenue Louise et à la Petite-Suisse, au Sud de Bruxelles.* (Annexe n° 2 des PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES DE LA COMMISSION GÉOLOGIQUE DE BELGIQUE, Bruxelles, 26 mars 1891, pp. VI-VIII.) — M. MOURLON, *Sur la nécessité de maintenir les étages asschien et wemmelien de l'Éocène supérieur.* (ANN. DE LA SOC. ROYALE MALACOL. DE BELGIQUE, Bruxelles, 1895, t. XXX, *Bulletin*, pp. XXXIV-XLI.)

(2) T. COOREMAN et G. DOLLFUS, *Compte rendu des excursions de la Session extraordinaire de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie, dans les départements français de la Marne et de l'Aisne (du 8 au 15 août 1901).* (BULL. DE LA SOC. BELGE DE GÉOL., DE PALÉONTOL. ET D'HYDROL., 1902, t. XVI, p. 234.)

de relever, le 26 avril 1904, dans un déblai de 8m50 de largeur, pratiqué pour les fondations de la maison Lambin, aboutissant au Rond-Point, à 40 mètres à l'Est du boulevard Militaire. Cette coupe, prise sur la paroi occidentale du déblai, est la suivante :



Échelle. { Haut. 0.0024 pour 1 m. Long. 1/1200.

Fig. 2. — Coupe du déblai Lambin.

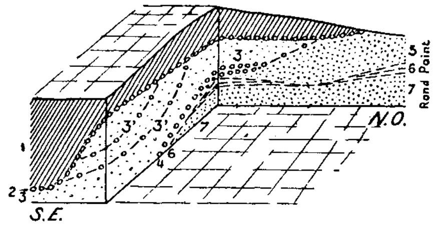
			Mètres.
r	1.	Terrain remanié formé de briquaillons.	0.50
q3n	2.	Limon brun pâle ne faisant pas la boule, visible sur. . .	3.22
q1m	3.	Cailloux roulés surmontés, en un point, d'argile sableuse avec cailloux disséminés dans la masse (3')	0.80
We	4.	Sable argileux, légèrement glauconifère, gris verdâtre . .	0.10
	5.	Idem plus quartzeux	0.70
	6.	Banc de concrétions ferrugineuses passant à la limonite .	0.30
	7.	Sable jaune moucheté et bariolé de grisâtre, finement glauconifère.	1.80
	8.	Gravier ne paraissant pas être continu sur la paroi orientale du déblai.	0.05
	9.	Sable quartzeux, glauconifère, gris blanchâtre et jaunâtre, avec lits argileux par places, à stratification entrecroisée et tubulations sableuses, 0m60	1 60
	10.	Gravier formant une bande foncée brunâtre, bien apparente, que l'on voit plonger de l'Ouest à l'Est dans le déblai. .	0.06
Le?	11.	Sable fin, gris blanchâtre et jaunâtre, finement glauconifère, variant de 0m80 à	1.20
		Total. . .	10.33

La coupe qui précède montre un beau développement des couches wemmeliennes, supérieures à celles du déblai Dhaeyer, qui n'en constituent que la base.

A côté, et un peu à l'Est du déblai Lambin, les excursionnistes ont pu en observer un autre, que faisait exécuter M. Hoyois pour les fondations d'une habitation, et qui présente le prolongement des mêmes couches wemmeliennes avec niveau ferrugineux et surmontées d'une succession intéressante de dépôts pléistocènes, dont M. Rutot donne

l'interprétation, conformément aux remarquables études qu'il poursuit depuis assez longtemps déjà avec tant de persévérance et de talent.

Voici la coupe de ce déblai telle qu'il m'a été possible de la relever peu de jours avant l'excursion, le 6 juin 1904 :



Échelle : 1/250.

Fig. 3. — Coupe du déblai Hoyois.

		Mètres.
q3m	1. Limon brun, ravinant fortement les couches pléistocènes sous-jacentes	0.80
q1m	2. Cailloux roulés.	0 10
	3. Sable jaunâtre, légèrement limoneux, parfois très glauconifère, avec rares cailloux disséminés et rangées de cailloux (3'), variant en épaisseur de quelques centimètres à	2.55
	4. Cailloux roulés, parfois très épais	0.20
We	5. Sable jaune finement glauconifère, parfois un peu durci, mais non argileux à la surface	1.00
	6. Banc de concrétions ferrugineuses se réduisant parfois à un mince filet coloré brunâtre	0.35
	7. Sable grisâtre moucheté de jaune	0.90
	Total. . .	5.90

En retournant vers la rue Saint-Michel, et en pénétrant, avec l'aimable autorisation du recteur, le R. P. Le Roy, à l'intérieur du nouveau collège des Jésuites par la porte d'entrée du mur de clôture la plus orientale, située presque à l'angle Nord-Est de la propriété et à 160 mètres à l'Est du boulevard Militaire, les excursionnistes se sont trouvés en présence d'une coupe presque perpendiculaire à la rue Saint-Michel, dirigée Nord-Sud et s'étendant tout le long du talus en contre-bas de la palissade de clôture orientale de la propriété.

Cette partie du Ketelberg, dont le sommet est renseigné sur la carte topographique comme se trouvant à la cote 95, devait comprendre, jadis, des terrains qui ont été enlevés, mais dont on voit encore des témoins sur le prolongement de la coupe, vers le Nord, de l'autre côté de la rue Saint-Michel et sur le talus de celle-ci, haut de près de

5 mètres, ce qui permet de compléter la coupe en question de façon qu'elle présente la succession suivante de haut en bas :

COUPE RELEVÉE AU SOMMET DU KETELBERG.

		Mètres.
q3m	1. Limon recouvert de gazon sur	2.00
q1m	2. Cailloux roulés formant une couche d'environ	0.10
Asb	3. Sable argileux glauconifère (3′ et 3″), passant à l'argile vers le bas (3‴)	2.70
Asa	4. Argile sableuse jaunâtre constituant une couche peu épaisse, visible seulement aux deux extrémités, et présentant, vers le bas, deux lits de glauconie, formant une mince *bande noire* de 0^{m}10 à	0.35
We	5. Sable jaune grisâtre et brunâtre, devenant parfois un peu argileux et présentant, tout le long de la coupe, un banc ondulé pétri de *Pecten corneus (Chlamys cornea)* avec un moule de Scalaire caractéristique du Wemmelien et une trace de *Nummulites Wemmelensis* (5′)	3.20
	Au moment de l'excursion, les couches n°s 3, 4 et 5 étaient seules visibles, mais d'importants déblais, pratiqués pour les fondations des dépendances du collège, à proximité et en contre-bas de la coupe ci-dessus, nous ont permis, en mars 1903, de relever ce qui suit :	
	6. Sables légèrement glauconifères présentant, à la partie supérieure, de belles ondulations de sable quartzeux blanchâtre interstratifié de gris verdâtre et renfermant, surtout à la partie inférieure, les tubulations caractéristiques du Wemmelien; des concrétions ferrugineuses sont disséminées, en certains points, dans les sables, et les terrassements qui ont mis ces derniers à découvert ont atteint	4.17
	TOTAL. . .	12.52

Il résulte de ce qui précède qu'au Ketelberg, l'étage asschien, au lieu de commencer entre les cotes 85 et 90 pour s'étendre jusqu'à la cote 95, comme le renseignent les cartes, n'apparaîtrait qu'à ce dernier niveau.

Et, en effet, comme l'a fait remarquer M. Rutot à la suite de l'exposé que nous fîmes sur place de la coupe précédente, lorsqu'une couche ferrugineuse occupant le niveau de la couche n° 2 renferme en abondance les *Pecten corneus*, que nous avons découverts en compagnie de l'un de nos assistants, M. Fr. Halet, elle doit, sans aucun doute, être rapportée à l'étage wemmelien. Il s'ensuit donc que ce dernier étage,

qui n'est pas renseigné en ce point sur la Carte au 40 000e, occuperait tout l'espace compris entre les cotes 86 et 95.

Depuis l'excursion, un nouveau déblai a été pratiqué de l'autre côté du Rond-Point de l'avenue de Tervueren pour les fondations d'une maison sur un terrain appartenant à M. Goethals. Ce déblai, qui est à 32 mètres à l'Ouest du Rond-Point et à côté du café Saint-Pierre, présentait une coupe fort intéressante, que nous avons pu relever le 6 février 1905, et comme ce sera peut-être une des dernières qui se produiront de ce côté, tant la bâtisse a déjà fait son œuvre, nous croyons bien faire en la reproduisant ci-après :

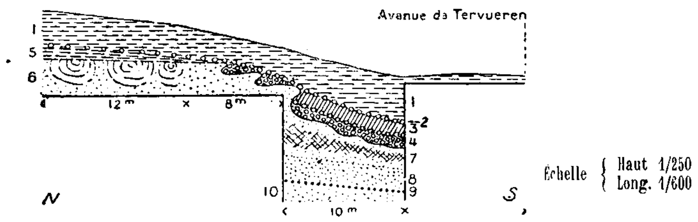


Fig. 4. — Coupe du déblai Goethals.

			Mètres.
q3n	1.	Limon gris jaunâtre pâle, calcarifère, friable, recouvert de terrain remanié et de terre végétale, 0m90 à	1.10
	2.	Cailloux disséminés formant un niveau constant dans la poche de dénudation	0.10
q3m	3.	Limon sableux jaunâtre avec parties grisâtres renfermant des concrétions calcaires (poupées) et quelques cailloux.	1.00
	4.	Cailloux avec fragments de grès ferrugineux formant une couche épaisse continue et de petites poches ravinantes de 0m20 à	0.30
We	5.	Banc de concrétions ferrugineuses	0.30
	6.	Sable gris blanchâtre et jaunâtre, glauconifère, ferrugineux au contact de 5, où il présente des lignes ferrugineuses concentriques très curieuses.	1.25
	7.	Sable quartzeux blanchâtre et jaunâtre, glauconifère, à tubulations et stratification entrecroisée caractéristiques du Wemmelien, entremêlé de sable jaune plus fin avec taches ferrugineuses, surtout vers le bas, 0m80 à. . .	1.15
	8.	Sable fin jaunâtre, légèrement pailleté	0.65
	9.	Gravier mince.	
Le?	10.	Sable fin jaunâtre, visible à l'aide d'un petit déblai à la bêche sur	0.50
		Total. . .	6.35

En quittant le collège des Jésuites, où la pluie nous obligea assez malencontreusement à nous abriter un certain temps, nous avons pu observer encore quelques beaux affleurements de sables wemmeliens des plus caractéristiques le long du boulevard Militaire en nous dirigeant vers les casernes d'Etterbeek.

C'est d'abord dans la nouvelle rue sans nom, à l'Ouest et sur le prolongement de la chapelle du collège Saint-Michel, où l'on voit, entre le boulevard Militaire et la nouvelle avenue de l'Armée, sur environ 150 mètres de long, 2 mètres de sables fins et quartzeux, blanchâtres et jaunâtres, parfois grisâtres, avec grès ferrugineux friables, fossilifères, formant un banc presque continu paraissant plonger un peu vers l'Ouest, le tout surmonté de près de 2 mètres de limon jaunâtre, calcarifère, friable, avec poupées calcaires et quelques cailloux disséminés à la base.

C'est ensuite dans le grand déblai s'étendant le long du boulevard Militaire, entre la rue précédente et la rue Charles Le Grelle, où l'on observe la succession de couches suivante :

COUPE DU DÉBLAI ENTRE LES RUES SANS NOM ET CH. LE GRELLE.

			Mètres.
q3	1.	Limon friable avec cailloux disséminés sur 0m10 à la base .	1 60
We	2	Sable quartzeux à tubulations, parfois assez fin, présentant à l'extrémité septentrionale du déblai qui se trouve à 30 mètres de la rue sans nom, un banc de grès ferrugineux presque continu, paraissant plonger à l'Ouest, et renfermant, avec de nombreuses traces de *Pecten*, d'abondantes *Nummulites Wemmelensis*, visible sur	2.70
		A l'autre extrémité du déblai, on observe le même sable wemmelien (2') à stratification entrecroisée (1m30), surmonté de 1 mètre de sable brun ferrugineux et séparé du sable nº 4 par un puissant gravier 3 qui se trouve à peu près au niveau de la rue.	
	3.	Gravier formant deux larges bandes d'environ 0m10 bien apparentes par leur teinte plus foncée et qui se rejoignent vers l'Ouest, limitant ainsi la couche de 0m20 de sable blanc à tubulations et stratification entrecroisée qui les sépare	0.40
Le	4.	Sable fin, gris blanchâtre moucheté de jaunâtre et jaune orange strié, ferrugineux à la partie supérieure, où il présente un lit de concrétions ferrugineuses, visible en contre-bas de la rue Ch. Le Grelle sur	1.20
		TOTAL. . .	5.90

En nous dirigeant ensuite vers les casernes d'Etterbeek, nous abordons la région comprise entre ces dernières et Watermael.

Région comprise entre les casernes d'Etterbeek et Watermael.

Arrivés au champ des manœuvres, qui, de même que la station dite d'Etterbeek, le limitant à l'Ouest, constitue une enclave de la commune d'Ixelles, les excursionnistes se groupent au point culminant, près le grand pont du chemin de fer, à la cote 103, pour entendre les explications qui peuvent être résumées et précisées comme suit :

Deux petits sondages pratiqués le 16 octobre 1890, au champ des manœuvres, nous ont donné : le premier, à la cote + 95, et à peu de distance du chemin le contournant vers Auderghem, 8m50 de limon sans cailloux, et le second, à la cote 100, et à proximité de notre point d'arrêt, 8m50 de limon avec des cailloux, comme le montre la coupe ci-après :

COUPE RELEVÉE AU CHAMP DES MANŒUVRES, A 300 MÈTRES AU NORD-EST DU GRAND PONT.

		Mètres.
q3n	1. Limon brabantien	5.30
	2. Cailloux	0.10
q3m	3. Limon stratifié hesbayen	2.75
	4. Cailloux	0.45
	TOTAL	8 60

Il est bien évident que, tout au moins aux points où ont été pratiqués les sondages précédents, les dépôts quaternaires se sont substitués à la partie supérieure des couches tertiaires préexistantes.

Et, en effet, comme on le verra plus loin dans la tranchée du grand pont, le contact des dépôts asschien et wemmelien se trouvant à la cote 103 — 9.90 = 93.10 et le Quaternaire descendant dans le sondage jusqu'à la cote 100 — 8.60 = 91.40, il s'ensuit nécessairement que l'Asschien a entièrement disparu, et c'est ce qui explique pourquoi la carte renseigne du Wemmelien aux points en question.

J'ajouterai que ce dernier étage présente généralement une allure d'apparence ravinante, comme les récents travaux de l'élargissement de la tranchée entre le grand pont et la gare l'ont surtout bien montré dans ces derniers temps. C'est ce qui expliquerait pourquoi les sables wemmeliens s'observeraient à des cotes de niveau assez différentes. C'est ainsi que, tandis qu'ils se trouvent dans la tranchée entre les

cotes 93.10 et 89.95, nous avons été amené à leur assimiler un dépôt de sable et de gravier qu'il nous a été donné d'observer à la cote 84, dans un déblai pratiqué pour la construction de l'égout creusé au boulevard Militaire, devant et le long de la façade principale des casernes du 1er guides, à la limite des communes d'Ixelles et d'Etterbeek.

Voici la coupe (fig. 5) que nous avons pu en relever le 27 juillet 1890, placée en regard de celle (fig. 6) relevée le 24 août suivant à l'aide d'un déblai, pratiqué perpendiculairement au précédent et en face du bâtiment des casernes le plus près de la gare :

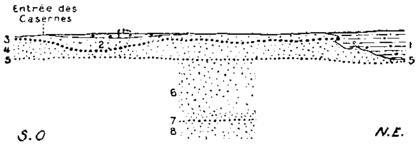


Fig. 5.

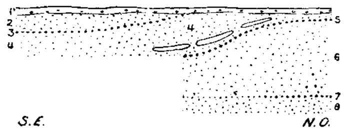


Fig. 6.

COUPES DE DÉBLAIS PRATIQUÉS EN FACE DES CASERNES D'ETTERBEEK, DU 1er GUIDES, RELEVÉES EN 1890.

			Mètres
q3m	1.	Limon quaternaire hesbayen ravinant les dépôts sous-jacents, variant de quelques centimètres à	1 60
q1m	1'.	Cailloux roulés et terrain remanié	0.10
We?	2.	Sable gris blanchâtre, moucheté de noir et jaunâtre fins, de 0 20 à.	0 40
	3.	Gravier à allure d'apparence ravinante, avec matière noire vers le bas, présentant parfois deux niveaux séparés par du sable fin, variant en épaisseur de 0m10 à	0.30
Le?	4.	Sable jaune avec lit argileux vers le bas, moucheté de noir et présentant (fig. 6) des lentilles graveleuses vers le bas et des bandes de sable jaune plus foncé, durci dans la masse, 0m60 à	0 90
	5.	Gravier variant de 0m05 à	0.10
Le	6.	Sable jaune moucheté de noir avec niveau de sable rouge vers le bas, presque au contact du gravier 7 (fig. 5) . .	3.15
	7.	Gravier parfois à peine apparent (fig. 6)	0.15
	8.	Sable jaune fin, moucheté de noir, visible sur	0 50
		TOTAL . .	7.20

On remarquera que les coupes ci-dessus renseignent, pour chacun de leurs différents termes stratigraphiques, la même interprétation que celle consignée sur la Carte au 40 000e.

Mais pour que toutes les données susceptibles de la bien préciser se trouvent ici consignées, nous ne pouvons nous empêcher de faire observer qu'en dehors de l'allure d'apparence ravinante que présentent

les graviers nos 3 et 5, et qui n'est pas spéciale au Wemmelien, comme on le verra plus loin, les sables qui leur sont associés ne présentent pas les caractères dominants de ceux rapportés au Wemmelien dans les coupes précédentes.

Nous ajouterons qu'en revoyant nos anciennes notes, nous y trouvons quelques observations qui semblent de nature à justifier, tout au moins, certaines réserves au sujet de l'interprétation en question.

C'est, notamment, une coupe relevée en 1876, qui devait se trouver à la limite des planchettes d'Uccle et de Bruxelles, à la cote 90, à proximité de celles ci-dessus, relevées en 1890, en face des casernes; depuis, les déblais pour la construction de ces dernières ont abaissé le terrain de la cote 90 à la cote 84; voici cette coupe :

Coupe entre la gare et les casernes d'Etterbeek, relevée le 31 juillet 1876.

			Mètres.
q l m	1.	Amas de cailloux roulés ravinant les sables sous-jacents et surmontés d'une faible couche d'humus; le limon est assez épais vers la chaussée de Namur. . . .	1.00
We	2.	Sable jaunâtre quartzeux traversé de petites bandes discontinues de sable rouge brunâtre, durci, cimenté par le fer	0.60
	3	Gravier rouge brunâtre, durci, limité par un lit mince argileux légèrement pailleté; il arrive parfois que le gravier est limité en haut comme en bas par un petit lit argileux, ce dernier faisant aussi quelquefois défaut .	0.20
Le?	4	Sable jaunâtre peu moucheté, devenant gris verdâtre à la surface, vers le bas, lorsqu'il est humecté, légèrement pailleté, finement glauconifère avec quelques grains de gravier	1.50
	5.	Sable semblable au précédent, mais plus pâle, légèrement graveleux, et présentant deux lits minces de gravier, le supérieur (5') au contact de 4 et l'inférieur (5'') à 1 mètre du premier et à 0m70 de la base, laquelle se trouve ainsi à la cote 85.	1.70
		Un puits creusé à cette dernière cote de niveau et probablement un peu à l'Ouest de la coupe précédente, permet de compléter celle-ci d'après les renseignements fort sommaires qui nous ont été fournis, en 1876, par l'agent du génie Cabuy :	
Le *Lk*	6.	Sables avec bancs de grès, le premier de 0m12, à 5m50 de la surface, le second de 0m20, à 1m50 du premier, et le troisième, à 1m90 du second; il est à remarquer que c'est entre les deux derniers bancs de grès et à 0m30 en dessous de l'avant-dernier, que l'on se trouve à la cote 77m38, qui est celle du niveau de la voie ferrée. .	8.90

B	7.	Espace sans indication	10.90
	8	Banc de grès submarneux séparé du n° 9 par un espace sans indication, mais d'où nous possédons un grès fistuleux calcarifère	1.76
	9.	Niveau de la surface de l'eau dans le puits à la cote 63^{m}44.	
	10	Grès submarneux dans un sable quartzeux dont la base est à la cote de 61 mètres	2.44
		TOTAL. .	29.00

Un peu au Nord du puits qui a fourni les renseignements ci-dessus, il en a été creusé un autre, toujours en 1876, sur le territoire de la planchette de Bruxelles; ce puits est descendu de la cote 85 jusqu'à la cote 64.60, et, grâce à un sondage pratiqué à partir de ce point jusqu'à la cote 57.05, a pu fournir encore quelques renseignements complémentaires. C'est ainsi que le niveau de l'eau dans le puits y a été constaté à la cote 62.95 et que, tandis que le sable jaune quartzeux se trouve renseigné à la cote 59.10, l'existence des sables et grès calcarifères a été reconnue entre les cotes 58.60 et 57.05.

Enfin, vers la même époque, il nous a été donné de relever, dans la tranchée du chemin de fer, à l'emplacement de la gare d'Etterbeek, une petite coupe qui, à l'aide d'un déblai pratiqué plus récemment, en septembre 1896, un peu au Sud de la gare, presque contre la voie ferrée, nous fit observer le contact des couches laekeniennes et bruxelliennes, ce qui permet encore de compléter la grande coupe ci-dessus, dans laquelle ces couches de contact ne sont point renseignées.

COUPE DE LA TRANCHÉE DU CHEMIN DE FER A L'EMPLACEMENT DE LA GARE D'ETTERBEEK, RELEVÉE EN JUILLET 1876.

			Mètres.
q3m *q1m*	1.	Limon avec abondants cailloux roulés à la base et ravinant fortement les dépôts sous-jacents	0.50
Lk	2	Sable fin jaunâtre décalcifié, traversé de bandes rougeâtres et moucheté de noir	1.00
	3.	Sable à *Ditrupa* avec grès altérés	0.50
	4.	Au niveau de la voie ferrée, qui est à la cote 77^{m}38, et sous celle-ci, bancs de grès calcarifères presque continus sous forme de pierres plates, très épais (0^{m}10 à plus de 0^{m}20), fossilifères, petites *Turritella, Solarium,* vertèbres de poissons	1.00
	5.	Banc séparatif très fossilifère, reconnu dans le déblai pratiqué un peu au Sud de la gare; les fossiles étaient à 1 mètre dans le déblai, qui avait 1^{m}92 de profondeur; nous avons recueilli, outre de nombreuses *Ostrea cariosa,* des blocs de grès roulés, pétris de *Nummulites lævigata* et *scabra,* une grande quantité de dents de poissons, quelques fragments de *Terebratula Kickxi,* etc.	
B	6.	Sable bruxellien	0.92
		TOTAL. . .	4.00

A une centaine de mètres au Sud-Est du bâtiment de la gare d'Etterbeek, nous avons observé, en juillet 1890, sur une des buttes de sable, à peu de distance du champ des manœuvres, la succession suivante :

PREMIÈRE COUPE AU SUD-EST ET PRÈS DE LA GARE D'ETTERBEEK.

			Mètres.
q1m	1.	Terre végétale et cailloux roulés	1.00
We	2.	Sable quartzeux gris blanchâtre, pointillé de glauconie et présentant en un point, vers le haut, des plaquettes de limonite	2.30
	3.	Sable quartzeux jaune, durci, avec mince gravier à la base.	0.10
		TOTAL. . .	3.40

Enfin, le 8 octobre suivant, des déblais pratiqués à proximité du point précédent, pour l'établissement d'une voie de raccordement, nous ont permis de relever ce qui suit :

DEUXIÈME COUPE AU SUD-EST ET PRÈS DE LA GARE D'ETTERBEEK.

			Mètres.
q1m	1.	Cailloux et matière noire. . . . . , .	1.50
We	2.	Sable quartzeux durci, légèrement argileux, gris bigarré de rouge sanguin	1.50
	3.	Gravier	0.10
Le?	4.	Sable jaunâtre.	2.50
	5.	Gravier.	0.10
Le	6.	Sable jaunâtre.	1.50
	7.	Gravier	0.05
Lk	8.	Sable présentant une épaisseur jusqu'au niveau de la voie ferrée, qui est à la cote 77.38, d'environ	1.50
		TOTAL. . .	8.75

Il ressort de ces deux derniers relevés de couches que si le niveau de la voie ferrée est bien réellement à la cote 77.38, il s'ensuit que tout au moins les couches n°s 2 et 3, qui semblent bien appartenir au Wemmelien, se trouveraient entre les cotes 83 et 86, ce qui montrerait, une fois de plus, combien elles ondulent dans cette partie du bassin. C'est ce qui a été surtout mis en évidence, comme nous le rappelons plus haut, par les travaux récents d'élargissement de la tranchée entre la gare et le grand pont. Malheureusement, ayant confié à un de nos assistants, qui ne participe plus aux travaux du Service, le levé détaillé

de cette partie si intéressante de la tranchée, alors que la coupe en était encore toute fraîche, il ne nous est pas possible de la faire figurer dans le présent compte rendu.

On y voyait bien nettement la large bande de sables wemmeliens, quartzeux, blanchâtres, à tubulations, tranchant vivement sur les autres parties plus foncées de la tranchée et présentant une belle ondulation synclinale, sous la forme d'un fond de bateau peu accentué. A mesure que l'on avançait vers le grand pont, on voyait les dépôts tertiaires fortement ravinés par les cailloux et limons quaternaires, et interrompus, par places, par des dépôts remaniés provenant d'exploitations de sable et grès calcaires antérieurs à la création du chemin de fer.

Au grand pont, par lequel les excursionnistes, que nous avons laissés tout à l'heure au haut de la tranchée, traversent celle-ci pour aller se placer sur son talus occidental, nous avons relevé, le 15 mai 1900, en compagnie de M. Ch. Le Jeune de Schiervel, la coupe suivante à proximité de l'axe du pont récemment agrandi :

COUPE RELEVÉE SUR LE TALUS OCCIDENTAL DE LA TRANCHÉE,
A PROXIMITÉ DE L'AXE DU GRAND PONT.

				Mètres.
q	1.	Limon et cailloux, en partie cachés par la végétation, sur environ		4.00
Asc	2.	Argile jaune		1.50
Asb	3.	Sable blanc		0.60
Asa	4.	Couche glauconieuse (bande noire)		0.20
We	5.	Sable avec un lit argileux à 0m60 de la couche précédente		4.00
	6.	Gravier		
Le	7.	Sable blanc et jaune		5.00
	8.	Sables et grès calcarifères.		
	8¹.	Grès en banc presque continu.	0.15	
	8².	Sable	1.00	
	8³.	Grès	0.20	
	8⁴.	Sable	1.00	
	8⁵.	Grès	0.20	
				2.55
	9.	Gravier		0.05
Lk	10.	Sable présentant, jusqu'au niveau du rail, une épaisseur de		2.00
		TOTAL. . .		19.90

Après avoir examiné la succession des couches qui précèdent, les excursionnistes ont pu admirer à distance et embrasser d'un coup d'œil la superbe coupe que présentait le talus oriental, tout fraîchement mis à nu par suite de la continuation, dans cette partie, des grands travaux de terrassement, en voie d'achèvement, pour l'élargissement de la tranchée.

C'est grâce à ces travaux qu'il est possible maintenant de compléter la coupe du talus oriental de la tranchée décrite et figurée, en 1887, dans les *Bulletins de l'Académie* (t. XIV, pp. 604 et suivantes, pl. f. 3), et que nous n'avions pu lever qu'à l'aide de six déblais pratiqués de haut en bas du talus et renseignés sur la coupe ci-après :

Coupe du talus oriental de la tranchée du grand pont, au Sud-Est de la station d'Etterbeek (fig. 7).

			Mètres.
r	1. Terrain remanié.		
q3n	2. Limon brun friable, terre à briques et limon pâle avec cailloux disséminés à la base, atteignant		4.60
q3m	3. Limon jaunâtre pâle, stratifié		3.20
q1m	4. Cailloux formant deux niveaux séparés par des sables quartzeux		1.25
Asc	5. Argile sableuse glauconifère, d'un vert foncé, ne s'étendant guère à plus de 20 mètres au Sud du grand pont.	0.55	
	6. Argile grise, nuancée de jaunâtre par places . .	1.00	
	7. Sable argileux glauconifère, jaunâtre vers le haut et grisâtre vers le bas.	2.50	
Asb	8. Sable gris jaunâtre, peu ou point glauconifère, avec rares paillettes de mica et concrétions ferrugineuses disséminées, devenant argileux vers le bas.	2.00	
	9. Sable quartzeux, gris blanchâtre, légèrement glauconifère, semblable à 11	1.00	
Asa	10. Gravier peu apparent dans le sable, avec grains de glauconie	0.05	
			7.10
We	11. Sable quartzeux, gris blanchâtre et jaunâtre, légèrement glauconifère, parfois assez grossier, passant au gravier vers le bas et renfermant des plaquettes de grès ferrugineux fossilifères à *Nummulites Wemmelensis* .	3.10	
	12. Gravier formant une épaisse couche de 0^m30 à . .	0.40	
			3.50
Le	13. Sables et grès calcarifères en bancs presque continus, rappelant les belles pierres de construction, du même niveau stratigraphique, qui furent exploitées jadis sur la rive gauche de la Senne, notamment dans les grandes carrières de Dilbeek, dont il ne reste plus guère de vestiges aujourd'hui.		

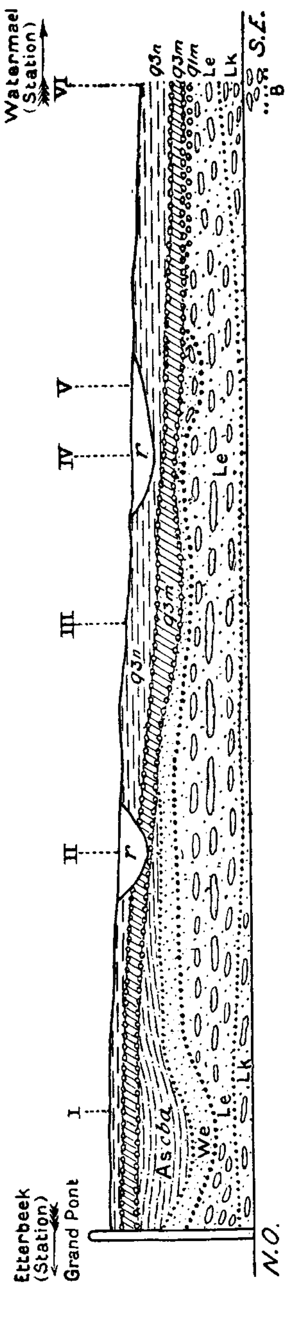


Fig. 7.

Échelle : 1/1000e.

Certains bancs de grès sont légèrement graveleux, très fossilifères, pétris de *Nummulites variolaria* et identiques à ceux extraits dans les petites carrières de Lede et de Moorsel, près d'Alost.

M. G. Vincent y a reconnu, sur mes spécimens, la présence des espèces suivantes :

Turritella crenulata.
Chlamys cornea.
Tellina filosa.
Tellina scalaroides.
Cytherea lævigata.
Cardium Honi.
Cardium semi-granulatum.
Lunulites urceolata.

Les roches de cet étage sont parfois décalcifiées à la partie supérieure et se présentent alors sous la forme de sables gris blanchâtre et jaunâtre ayant un aspect moucheté tout particulier, rappelant un peu celui de la peau de daim et renfermant, au contact du gravier 12, des géodes ferrugineuses contenant du sable blanc et se confondant, pour ainsi dire, quelquefois avec les concrétions ferrugineuses de la base du Wemmelien, variant en épaisseur de 3m20 à 8.05

14. Gravier qui, à 22 mètres au Sud du grand pont, est brunâtre, surmonté d'une couche mince d'argile vert pâle dans un sable brun rougeâtre ferrugineux 0.05

—— 8.10

Lk 15. Sables et grès calcarifères renfermant des vertèbres de poissons et passant à un sable jaune fin par décalcification ; à 0m30 sous le gravier 14, on observait une couche graveleuse qui ne semble pas s'être prolongée au Sud du déblai I. 4.50

16. Gravier épais avec grès perforés à *Nummulites lævigata* roulées. 0.50

—— 5.00

B 17. Sables siliceux bruxelliens.

Total. . . 32.75

La seule différence qui mérite d'être signalée entre la coupe précédente et celle publiée en 1887, consiste en ce que le talus oriental de la tranchée n'ayant jamais été bien net à proximité du grand pont, il a été possible d'y remédier à l'aide des données fournies par la coupe ci-dessus, relevée sur le talus occidental (p. 15). De même aussi, à l'extrémité opposée de la coupe figure 7, une interprétation erronée de l'une des couches du déblai VI de l'ancienne coupe avait fait placer la limite du Laekenien et du Ledien presque au niveau de la voie, alors que les derniers travaux ont permis de constater que cette limite s'élève à $2^{m}45$ au-dessus de ladite voie, ce qui est tout à fait conforme au relèvement des couches tertiaires vers le Sud-Est, tel que l'accuse si bien la nouvelle coupe.

A l'extrémité de celle-ci, on se trouve à la bifurcation de la voie ferrée, et jusque dans ces derniers temps, il existait, entre les deux lignes du Luxembourg et de Tervueren, une butte formée de limon et de sable, sur laquelle se trouvait la maisonnette du garde, où un puits creusé jadis a donné de l'eau à 16 mètres de profondeur.

A l'Ouest de la maisonnette et à 85 mètres de la bifurcation, nous avons observé, le 20 juillet 1890, sur le talus oriental de la ligne du Luxembourg, à peu près au niveau de la voie, un gravier d'au moins $0^{m}10$ d'épaisseur, pétri de *Nummulites variolaria* avec quelques *Ditrupa*, *Pecten* et *Ostrea inflata;* un déblai à la bêche nous a donné, en dessous du gravier, $0^{m}60$ de sable calcarifère.

Plus récemment, le 15 mai 1904, nous avons observé, sur la paroi orientale de la butte, au moment où elle allait complètement disparaître, la coupe que voici :

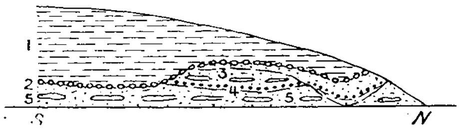


Fig. 8. — Coupe relevée sur la paroi orientale de l'ancienne butte a la bifurcation de la voie ferrée, au Sud-Est du grand pont.

		Mètres.
q5	1. Limon atteignant en épaisseur	4.00
q1m	2. Cailloux ravinant les dépôts sous-jacents	0.30
Le	3. Sable jaunâtre fossilifère, pétri de *Nummulites variolaria*, *Ditrupa*, etc., décalcifié à la partie supérieure et présentant, au contact du gravier 4, un banc de grès schisteux perforé à *Orbitolites complanata*, petits *Cardium* surmontant et se confondant, pour ainsi dire, avec le gravier 4 .	0.60
	4. Gravier formant un lit mince déprimé dans la poche de décalcification	
Lk	5. Sables et grès calcarifères à tubulations caractéristiques du Laekenien, pétris de petites *Nummulites*	1 10
	Total. . .	6.00

Il est à remarquer que sur le prolongement de la précédente coupe, vers le Nord, on observe à l'œil nu, sur la paroi septentrionale de la tranchée, également élargie de fraîche date, de la ligne de Tervueren, le gravier ledien ondulant à 3 mètres au-dessus du niveau de la voie.

En suivant celle-ci dans la direction d'Auderghem, ce que le manque de temps ne nous a pas permis de faire avec les excursionnistes, on se trouve bientôt, au delà du remblai, en présence d'une nouvelle tranchée au Nord de Watermael.

Un déblai pratiqué sur le talus septentrional de cette tranchée, à 700 mètres environ de la bifurcation et à 140 mètres à l'Ouest du petit pont, vers Auderghem, nous a permis de relever, le 6 novembre 1887, la coupe déjà décrite antérieurement (*Bull. Acad.*, t. XIV, 1887, p. 615), mais que nous ne croyons pas inutile de reproduire ici, étant donné qu'elle complète si bien celle de la sablière qui sera décrite et figurée plus loin, et que nous avons relevée plus récemment de l'autre côté de la voie, un peu à l'Ouest-Sud-Ouest de celle dont voici la succession des couches :

Coupe relevée dans la tranchée au Nord de Watermael.

				Mètres.
q3m	1 = *a*.	Limon et cailloux		0.50
q1m	2 = *b*.	Sable jaune durci avec cailloux roulés disséminés .		0.50
We	3 = *c*.	Gravier ferrugineux wemmelien		0.05
Le	4 = *d*.	Plaquettes de grès ferrugineux, fossilifères (*Turritelles* et *Lamellibranches*), formant de grandes géodes renfermant du sable blanc	0.35	
	5 = *e*.	Sable jaune et blanchâtre à la partie supérieure.	1.50	
	6 = *f*.	Lit ferrugineux de sable jaune rougeâtre, présentant plus à l'Est de grandes plaquettes limoniteuses, correspondant sans doute à celles qui s'observent à l'entrée du premier chemin creux à l'Est.	0.20	
	7 = *g*.	Sable fin jaune, moucheté de blanc vers le haut, et rappelant la peau de daim, sur 1^m20 (7′), gris blanchâtre vers le bas (7″) sur 1^m70 . .	2.90	
	8 = *h*.	Gravier reposant sur un lit de sable ferrugineux d'un rouge ocreux	0.10	
				5.05
Lk	9 = *i*.	Sable jaune verdâtre, graveleux vers le bas. .	4.20	
	10 = *j*.	Gravier à *Nummulites lævigata* roulées. . .	0.10	
				4.30
B	11 = *k*.	Sable blanc siliceux bruxellien.		
		Total. . .		10.40

Il est à remarquer que le gravier n° 3 de la coupe ci-dessus, qui n'avait été rapporté qu'avec doute au Wemmelien, paraît bien pouvoir être assimilé à cet étage, si l'on en juge par la nature de l'affleurement de sable jaune quartzeux qui s'observe, à un niveau un peu supérieur, sur le talus du premier chemin creux au Nord de la tranchée et à 50 mètres du croisement de ce dernier avec celui au Sud-Est.

Un peu à l'Ouest-Sud-Ouest de la précédente coupe se trouve la sablière à laquelle il vient d'être fait allusion, et qui est située à la cote 75, entre la ferme Tercoigne et la voie ferrée. Voici la coupe que nous en avons relevée le 6 novembre 1904 :

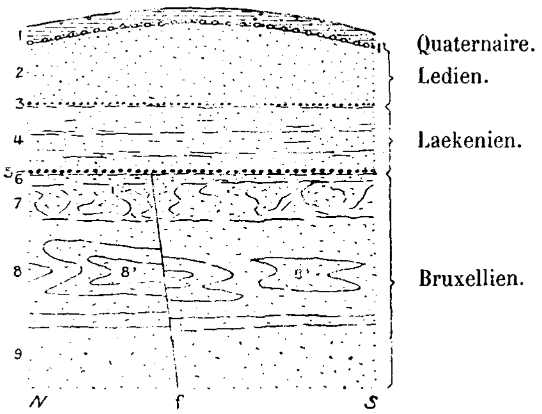


Fig. 9. — COUPE DE LA SABLIÈRE TERCOIGNE AU NORD DE WATERMAEL.

			Mètres.
q1m	1. Limon sableux et cailloux disséminés.		
	1'. Sable avec cailloux disséminés et en bande atteignant 0m30 à la base		0.75
Le	2. Sable assez fin, blanchâtre et jaunâtre.	1.25	
	3. Gravier brunâtre en grains assez réguliers . . .	0.05	1.30
Lk	4. Sable graveleux, blanchâtre et jaunâtre, présentant à distance l'aspect d'alternances de zones plus ou moins foncées	2.00	
	5. Gravier formé de grains inégaux de quartz blanc opaques et translucides	0.15	2.15
B	6. Sable siliceux jaune avec quelques grains de glauconie.	0.25	
	7. Grès ferrugineux formant un banc dur, rouge brunâtre foncé, presque noir, passant à la limonite par places.	1.20	
	8. Sable jaune ferrugineux avec larges banderoles (8') d'un rouge particulier plus pâle et qui doivent leur forme bizarre à la stratification entrecroisée et à une petite faille (*f*)	3.50	
	9. Sable siliceux d'un beau blanc avec quelques grains de glauconie, exploité sur.	1.70	6.65
	TOTAL. . .		10.85

Les terrains de la sablière se relèvent vers l'Ouest, ce qui a permis d'exploiter, dans cette direction, à l'Ouest et contre le chemin qui passe sous le viaduc du chemin de fer, le sable blanc qui y affleure, tandis que dans la sablière, il n'est atteint que sous une assez grande épaisseur d'autres couches tertiaires et quaternaires.

Observations. — Parmi les faits intéressants relevés dans la coupe de la sablière Tercoigne (fig. 9), il faut mentionner la diminution d'épaisseur du Laekenien qui, dépassant 4 mètres dans la tranchée de l'autre côté du chemin de fer, ainsi que dans la tranchée du grand pont, se trouve réduite ici à 2 mètres.

En outre, le Bruxellien présente, sur plus de 6 mètres d'épaisseur, un magnifique exemple des beaux sables blancs d'émersion de cet étage, avec prédominance, à la partie supérieure, de l'élément ferrugineux si constant à ce niveau.

A l'entrée du premier chemin creux, à l'Est de la sablière Tercoigne, on observe un gravier séparant $4^{m}50$ de Ledien de 1 mètre de Laekenien, et 35 mètres au Sud, dans le même chemin creux, qui est en pente assez accentuée, on trouve, dans un petit déblai pratiqué au bas du talus oriental, l'épais gravier base du Laekenien, et 5 mètres plus bas, le banc rouge bruxellien, et enfin, à peu de distance, des sables et grès *calcarifères* et en partie décalcifiés sur une hauteur de 4 mètres. Ces derniers occupent donc ici la place d'une partie du sable siliceux de la sablière, ce qui pourrait bien être le résultat d'une faille du genre de celles qui s'observaient dans la grande sablière de Calevoet, lorsque nous la visitâmes avec la Société, le 20 mai 1900. C'est à cette occasion que nous fîmes remarquer, non sans provoquer quelques rumeurs, que nos observations, déjà fort anciennes pour les environs de Bruxelles, nous portaient à considérer notre étage bruxellien, non pas comme « se présentant sous deux facies principaux superposés : l'inférieur composé de sables grossiers siliceux, le supérieur de sables fins calcareux (1) », mais bien comme présentant une succession de dépôts siliceux séparés par des sables et grès calcareux.

Nous ajouterons que, tandis que dans la carrière de Calevoet on voyait la partie inférieure du Bruxellien, au contact de l'Ypresien, représentée par de beaux sables blancs siliceux, recouverts de sables et grès calcareux, de même aussi en d'autres points, comme c'est le cas pour la région de Watermael-Boitsfort, on voyait la partie supérieure du même

(1) *Explication de la feuille de Bruxelles,* 1883, pp. 94-95.

étage bruxellien, au contact du Laekenien, constituée aussi par de superbes sables blancs siliceux d'aspect identique aux premiers, bien que séparés de ceux-ci par le facies calcareux.

Nous nous félicitons de plus en plus d'avoir contribué à faire admettre, dans la légende du Tertiaire de notre Carte au 40000e, les notations proposées par nos savants collègues, MM. Rutot et Van den Broeck, pour les cycles sédimentaires de chaque étage.

Seulement, tandis que dans la *Légende de l'Éocène de la feuille de Bruxelles*, qui se trouve reproduite à la page XIII de l'introduction de leur magistrale *Explication de la feuille de Bruxelles*, ils ne renseignent pour l'étage bruxellien que les trois termes (*a*), (*b*) et (*c*), caractérisant respectivement le gravier local (*a*), le sable d'immersion (*b*) et le facies calcareux (*c*) déposé pendant la période d'affaissement maximum, il y a lieu, semble-t-il, d'y ajouter le sable d'émersion (*d*), qui est celui de la sablière Tercoigne et des principaux affleurements au Nord de Watermael, comme aussi de la grande tranchée de Boitsfort, qui sera décrite et figurée plus loin.

Maintenant, il nous faut profiter de ce que nous nous sommes un peu écartés de l'itinéraire parcouru par les excursionnistes pour mentionner les résultats, assez inattendus, fournis par un puits artésien foré en août 1904 à proximité des points qui viennent d'être passés en revue, et à la limite septentrionale de la commune de Watermael-Boitsfort, dans la petite vallée où coule le Veeweidebeek.

Ce puits artésien, foré par M. Axer contre l'étang des « Pêcheries royales », n'a pas rencontré de Bruxellien, les sables de ce dernier étage ayant été complètement enlevés par les sédiments de la période quaternaire, comme le montre le relevé ci-après :

COUPE DU PUITS ARTÉSIEN DES « PÊCHERIES ROYALES » DANS LA VALLÉE DU VEEWEIDEBEEK, A WATERMAEL.

				Mètres.
r	1.	Remblai ou remanié		1.00
alm	1.	Sable gris jaunâtre, argileux	1.00	
	2-4.	Argile sableuse grisâtre	3.00	
	5-6.	Sable gris pâle, légèrement argileux	1.00	
	7.	Sable gris argileux avec traces de tourbe	0.50	
	8.	Sable gris tourbeux, légèrement argileux	0.50	
	9.	Tourbe	0.50	
	10.	Sable gris tourbeux, légèrement argileux	0.50	
	11-12.	Argile sableuse tourbeuse	1.00	
	13.	Sable argileux tourbeux	0.50	
	14.	Sable avec coquilles (*Helix hispida*, *Pupa*, etc.)	0.50	
	15.	Sable argileux tourbeux	0.50	
				9.50

q3m	16-17.	Limon gris foncé, calcarifère	1.00	
	18-19.	Limon gris pâle, calcarifère	1.00	
				2.00
q2m	20-21.	Cailloux de silex roulés dans le limon gris sableux		1.00
Yd	22-26.	Sable fin, gris verdâtre, légèrement pailleté	2.50	
	27-29.	Sable fin argileux	2.00	
	30.	Argile grise	1.00	
	31.	Sable fin argileux	1.00	
	32-36.	Sable très fin, légèrement pailleté	4.80	
	37.	Argile sableuse, gris verdâtre, avec grès blanc friable d'aspect marneux	0.20	
	38-40.	Sable argileux, gris verdâtre	3.00	
	41-42.	Sable très fin, légèrement argileux	2.00	
				16.50
Yc	43.	Argile sableuse, gris verdâtre	1.00	
	44-55.	Argile plastique, légèrement sableuse	11.50	
	56-57.	Sable argileux, gris verdâtre foncé	1.50	
	58-69.	Argile plastique, légèrement sableuse	12.00	
	70-71.	Argile plastique	2.00	
	72-73.	Argile avec linéoles sableuses	2.00	
	74-75.	Argile sableuse, gris verdâtre	1.70	
	76-77.	Argile passant au sable	1.30	
				33.00
L1d	78-88.	Sable vert glauconifère		11.00
L1c?	89-90.	Sable légèrement argileux, foncé		1.00
			Total. . .	75.00

Le niveau de l'eau sous la surface du sol, au repos, variait entre 6m70 et 10m50, et, par le pompage au compresseur, descendait à 19 mètres. Le débit était de 6 000 litres à l'heure.

Les excursionnistes, que nous avons laissés tout à l'heure à la bifurcation de la ligne du Luxembourg et de celle de Tervueren et qui, par suite du temps que leur avait fait perdre l'averse du matin, n'ont pu aller étudier sur place la sablière Tercoigne et les affleurements qui viennent d'être passés en revue, se sont rendus directement, en suivant la voie ferrée, à la gare de Watermael.

Un peu avant d'arriver au passage à niveau de celle-ci, on observait, à l'Est et en contre-bas de la voie, un magnifique affleurement de sable blanc bruxellien mis à découvert par un profond déblai pour la construction d'un viaduc destiné à remplacer le passage à niveau.

Ce déblai, prolongé parallèlement à la voie jusqu'à la rue de la

Station, dont le viaduc va devenir la continuation, a permis d'observer la succession de couches que voici :

COUPE DES DÉBLAIS POUR LA CONSTRUCTION DU VIADUC DE LA GARE DE WATERMAEL.

			Mètres.
q3n	1.	Limon brun assez friable atteignant, dans un déblai perpendiculaire à la voie, une épaisseur, par ravinement, de 7m50, mais ayant en moyenne	2.00
	2.	Cailloux.	0.10
q3m	3.	Limon sableux, jaunâtre et brunâtre, stratifié entre deux niveaux de cailloux.	0.75
q1m	4.	Cailloux surmontant au point où ils étaient le plus épais une couche de 0m15 de sable argileux, gris pâle, stratifié, sans cailloux apparents (4')	0.50
Le	5.	Sable fin, grisâtre et jaunâtre, avec une bande ondulée rouge, ferrugineuse, et une ligne de matière noire (5') . . .	1.00
Lk?	6.	Gravier	0.15
Bd	7.	Sable blanc siliceux avec une ligne noire (7'), identique à (5'), visible sur	0.80
Bc	8.	Sable blanc et jaunâtre avec grès effrités	0.50
Bb	9.	Sable blanc siliceux à tubulations, visible en un point sur .	4.00
		TOTAL. . .	9.80

Plusieurs faits intéressants sont à relever dans la coupe précédente.

C'est d'abord la faible épaisseur du facies calcareux bruxellien, qui ne serait représenté que par la couche n° 8 de 0m50; mais il est à remarquer qu'au cours des travaux de déblai, on a pu constater, le 5 juin 1904, qu'entre la paroi la plus orientale de ces derniers, qui a fourni, le 15 mai précédent, les couches 1 à 7 de la coupe ci-dessus, et la voie ferrée, il nous a été donné d'observer du sable blanc calcareux stratifié avec bande ferrugineuse, jaunâtre à la partie supérieure, formant une couche de 3m50, qui semble correspondre à celle n° 8 de la coupe ci-dessus.

Ensuite, on remarquera que, dans cette coupe, le Laekenien semble sinon faire complètement défaut, tout au moins n'être représenté, avec doute, que par son gravier de base, qui se confondrait avec celui du Ledien.

C'est ce qui explique pourquoi la Carte géologique au 40 000e ne figure pas en ce point la présence du Laekenien, et peut-être ne sera-t-il pas inutile, pour chercher à élucider cette question, d'en grouper ici tous les éléments en passant en revue, dans l'ordre où ils se sont pro-

duits, les différents affleurements qu'il nous a été possible d'observer, depuis une vingtaine d'années, à proximité de la gare de Watermael.

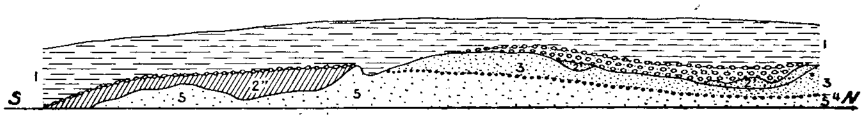
Le 26 juin 1885, un petit déblai, pratiqué derrière l'extrémité Sud du nouveau bâtiment de la gare de Watermael, a permis de constater la présence d'un gravier de $0^{m}10$ d'épaisseur, séparant le sable bruxellien, avec rangées de grès effrités, du sable jaune demi-fin surmonté de limon et cailloux quaternaires.

Le 13 novembre 1887, on pouvait voir, sur la paroi orientale de la tranchée, derrière le nouveau hangar des voyageurs, en face de la gare de Watermael, la coupe suivante :

Coupe relevée sur la paroi orientale de la petite tranchée de la gare de Watermael.

		Mètres.
q	1. Limon et cailloux	0 50
Le	2. Sable jaune, graveleux vers le bas	0.80
Lk	3. Gravier dans un sable jaune ferrugineux	0 20
B	4. Sable bruxellien avec une ligne noire (4') sous le gravier.	
	Total. . .	1 50

Le 29 juin 1890, la paroi occidentale de la tranchée nouvellement élargie présentait, à partir de la gare et jusqu'à une centaine de mètres au Sud de celle-ci, la coupe que voici :



Échelle. { Haut. 1/400. Long. 1/1000.

Fig. 10. — Coupe relevée sur la paroi occidentale de l'ancienne tranchée de la gare de Watermael.

		Mètres.
q3	1. Limon ayant par places l'aspect d'alluvions sableuses . .	2.70
q1	2. Limon sableux stratifié avec gravier et cailloux. . . .	1.00
	2'. Sable avec gravier et quelques rares cailloux.	
	2''. Dépôt argilo-sableux gris et bigarré avec cailloux.	
Le	3. Sable fin, jaune d'ocre, atteignant jusque	1.35
Lk?	4. Gravier épais présentant une allure accentuée d'apparence ravinante.	0 20
B	5. Sable bruxellien jaune et parfois rougeâtre avec concrétions effritées, visible sur près de	2.00
	Total. . .	7.25

Enfin, de mai à octobre 1901, une sablière, ouverte un peu à l'Ouest, et à côté de la gare de Watermael, au haut de la rue d'Ixelles, a permis de constater la succession de couches suivante :

COUPE A L'OUEST ET PRÈS DE LA GARE DE WATERMAEL.

			Mètres.
q5m	1.	Limon jaune brunâtre, surmonté de terre végétale . . .	1.20
q1m	2.	Cailloux de silex roulés, plats, avec petites lentilles de sable demi-fin, variant en épaisseur de 0^{m}20 à	0.70
Le	3.	Sable fin, gris blanchâtre et jaunâtre, moucheté de noir, avec bandes rougeâtres, presque continues, décelant l'existence des bancs de grès disparus	1.25
	4.	Idem graveleux	0.30
Lk	5.	Gravier avec grains de quartz laiteux et translucides . .	0.20
B	6.	Sable siliceux, blanc et jaune, surtout vers le bas, sur 1^{m}30, avec quelques grains de glauconie, visible sur . . .	2.85
		TOTAL. . .	6.50

La conclusion à tirer des coupes qui précèdent pour ce qui concerne la détermination de l'âge relatif des couches tertiaires éocènes surmontant le Bruxellien, c'est qu'en l'absence de fossiles et de niveaux de graviers bien distincts, il est fort difficile de savoir auquel des deux étages ledien et laekenien on a affaire, surtout lorsque, comme c'est ici le cas, les roches qui les composent sont décalcifiées. Toutefois, il semble que l'on soit fondé à les interpréter comme le renseignent les coupes ci-dessus, et à considérer les deux graviers comme étant pour ainsi dire confondus en un seul. C'est non seulement par suite de l'observation, consignée dans une publication antérieure (1), que nous a communiquée feu G. Vincent et qui consiste en ce que le sable supérieur au Bruxellien de la tranchée de la gare de Watermael renfermerait le fossile le plus abondant du Ledien, la *Nummulites variolaria*, mais aussi en raison des observations faites à Boitsfort, où les excursionnistes se sont rendus en chemin de fer.

Boitsfort.

Arrivés à la gare de Boitsfort, on s'est rendu directement à la belle tranchée, si pittoresque, pratiquée sur le plateau du Jagersveld (Champ des chasseurs), qui ne tardera pas à être complètement arasé par une

(1) M. MOURLON, *Sur l'existence d'un nouvel étage de l'Éocène moyen dans le bassin franco-belge.* (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, 3e série, t. XVI, 1888, p. 270.)

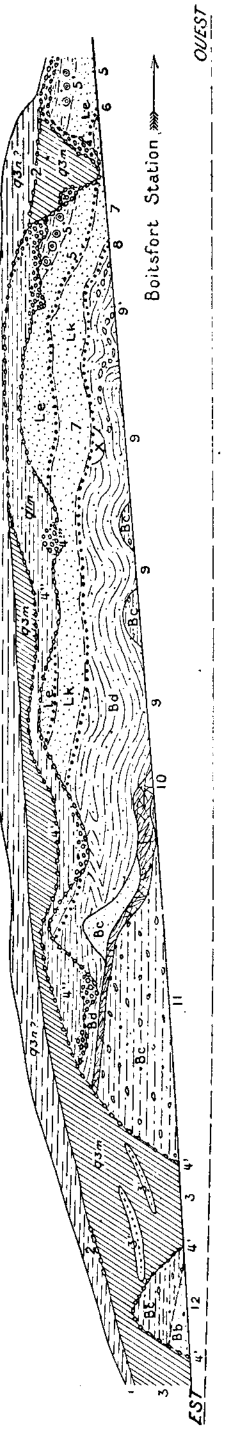


Fig. 11 — Coupe de la tranchée du Jagersveld (Champ des Chasseurs), a Boitsfort.

Échelle. { Haut. 1/400. Long. 1/2000.

escouade de terrassiers et dont les déblais, transportés par un petit chemin de fer provisoire, servent aux remblais qu'entraine la construction de la nouvelle grande artère destinée à relier Boitsfort avec Auderghem et Tervueren par la Woluwe.

A mesure que la tranchée s'élargit sur toute sa longueur, elle présente une succession de coupes variant assez sensiblement d'aspect ; celle qui est figurée dans le présent travail a été prise en avril 1904, et complétée, pour sa partie occidentale, peu de temps après l'excursion, en août de la même année, au moment où les travaux de terrassement eurent permis de constater la réapparition des sables bruxelliens sous les limons quaternaires qui les avaient cachés jusque-là.

La coupe figure 11, dont la pente est de 0^{m}04 par mètre, commence à 175 mètres à l'Est de la chaussée de La Hulpe, dont elle devient en quelque sorte le prolongement.

COUPE DE LA PAROI MÉRIDIONALE DE LA GRANDE TRANCHÉE DU JAGERSVELD, RELEVÉE EN AVRIL 1904.

			Mètres.
ale ou *q3n?*	1.	Limon brunâtre, friable, bigarré de gris blanchâtre et jaunâtre, ce qui lui donne un aspect un peu remanié, avec cailloux disséminés et petits débris de briques à la partie supérieure	1.50
	2.	Cailloux roulés.	
q3m	3.	Limon jaune, parfois interstratifié de sable jaune, quartzeux, bruxellien (3'), dont l'épaisseur atteint, dans les poches de ravinement, jusque.	5.00
q1m	4.	Cailloux roulés avec dépôt argilo-sableux, souvent verdâtre, atteignant jusque.	2.00
	4'.	Niveau supérieur caillouteux, ravinant fortement les dépôts sous-jacents;	

	4″. Niveau moyen constitué par le dépôt argilo-sableux, avec cailloux disséminés;	
	4‴. Niveau inférieur caillouteux formant de nombreuses poches.	
Le	5. Sable jaune, légèrement moucheté de blanc par places et interstratifié, vers le haut, de petites zones brunâtres d'aspect limoneux, avec lignes ondulées de concrétions ferrugineuses géodiques (5′).	1.80
	6. Gravier épais formé, comme celui du n° 8, de grains de quartz translucides et opaques, mais plus uniformes et moins gros; il renferme des lignes argileuses, dont une assez constante, qui semble le limiter à sa base . . .	0.30
Lk	7. Sable jaunâtre et très blanchâtre par places.	1.50
	8. Gravier à gros grains surmonté d'un lit argileux et présentant assez fréquemment de petites récurrences . .	0.30
Bd	9. Sable siliceux, blanc et jaune, formant de véritables plis par ondulations avec une stratification parfois entrecroisée, devenant rougeâtre, passant au grès ferrugineux à la partie supérieure (9′) et présentant quelques lentilles, notamment au contact du gravier 8, formées d'argile gris verdâtre avec matière noire (x)	4.00
Bc	10. Banc de grès lustrés, altérés, schistoïdes, parfois interstratifiés d'argile grise, variant de 0m30 à	0.60
	11. Sable jaune, décalcifié, avec grès altérés, effrités . . .	2.00
Bb	12. Sable siliceux d'un beau blanc, jaunâtre à la partie supérieure, avec grès lustrés, arrondis, disséminés et caractéristiques du sable bruxellien d'immersion	2.00
	TOTAL. . .	21.00

La coupe de la tranchée du Jagersveld fourmille de données intéressantes, notamment pour tout ce qui concerne les dépôts bruxelliens. On peut même dire que c'est la plus suggestive et peut-être la seule permettant de bien constater, en un même point, la succession des sables d'immersion et d'émersion séparés par le facies calcareux de cet étage de l'Éocène moyen, beaucoup mieux développé chez nous que dans le bassin de Paris.

Au moment de l'excursion, on ne voyait que les beaux sables blancs siliceux d'émersion avec leurs grès rouges ferrugineux si constants à ce niveau, comme la sablière Tercoigne, au Nord de Watermael, en avait déjà fourni un si remarquable exemple, et pour appuyer notre interprétation, nous avons dû invoquer la présence, à Boitsfort, du sable d'immersion, en un point situé au Nord de la coupe et à un niveau inférieur à celui du sable siliceux d'émersion à grès rouges ferrugineux.

Mais, depuis, comme nous suivions presque journellement les transformations que subissait la coupe par suite de l'avancement des travaux, combien agréable n'a pas été notre surprise de constater la réapparition du Bruxellien tel que le montre la coupe figure 11, à un niveau bien inférieur à celui des sables siliceux à grès rouge ferrugineux et formant le plus bel exemple qui se puisse trouver du sable blanc siliceux d'immersion surmonté du facies calcareux.

Comme l'a très justement fait remarquer notre savant collègue M. Rutot, l'attention avait déjà été appelée antérieurement, par lui, sur l'existence, à la partie supérieure du Bruxellien, d'une poche de sable blanc siliceux semblable à celui qui s'observe à la base de cet étage.

C'était en 1875, à Ixelles, à proximité de l'hospice Van Aa, où une butte de sable a permis à notre collègue de relever une coupe des plus intéressantes qu'il décrivit et figura dans les *Annales de la Société géologique de Belgique* (t. II, pp. 212-222). Cette coupe montre bien nettement, en effet, au sommet des sables et grès calcareux, et au contact du banc séparatif de la base du Laekenien, une poche de sable blanc siliceux, avec parties ferrugineuses, renfermant de nombreux fossiles friables et parfois silicifiés dont la liste fut dressée par M. G. Vincent, et qui rappelle tout à fait ceux que nous recueillîmes avec ce paléontologiste, en 1872, dans la carrière Ackermans, du hameau de Roodebeek, dépendant de Woluwe-Saint-Lambert.

Mais, tout en rendant le plus complet hommage à l'esprit d'observation de notre collègue, nous ne pouvons nous empêcher de faire remarquer que la poche de sable blanc siliceux qu'il a si minutieusement décrite était plutôt considérée comme le résultat d'un phénomène local, d'un accident étrange, suivant sa propre expression, et que la présence du sable en question, au sommet du sable bruxellien, a été envisagée, jusqu'ici, plutôt comme le résultat d'une altération que comme décelant l'existence d'un niveau spécial à ajouter à la légende de la Carte géologique et représentant le sable d'émersion (*Bd*) de cet étage de l'Éocène moyen.

La coupe de la tranchée du Jagersveld ne montre pas seulement la remarquable superposition des trois facies du Bruxellien, mais permet encore de constater, au-dessus de ces derniers, l'existence de deux autres dépôts tertiaires séparés par des graviers et que nous croyons pouvoir assimiler respectivement aux étages laekenien et ledien.

Enfin, les dépôts quaternaires qui ont si profondément raviné les couches tertiaires de la région fournissent une nouvelle confirmation

des vues émises, dans ces dernières années, par M. Rutot, au sujet de leur composition, de leur allure et de leur classement.

On y voit le cailloutis (*4'''*), le plus ancien du Moséen (*q1m*), opérant un premier ravinement et surmonté du dépôt argilo-sableux avec cailloux disséminés (*4''*), lequel est recouvert par le cailloutis supérieur (*4'*). Celui-ci ravine non seulement les couches quaternaires plus anciennes, mais encore les couches tertiaires, comme montrent si bien les grandes poches figurées sur la coupe et remplies d'un limon stratifié 3 (*q3m*), présentant à l'extrémité Est des lentilles de sable tertiaire (*3'*). Ce limon est surmonté par un autre limon friable qui occupe la place du limon brabantien (*q3n*) et qui n'est séparé du précédent que par une lignée de cailloux épars, le plus souvent peu ou point apparents. Nous ajouterons qu'il est assez difficile de distinguer ce dernier limon de ce que l'on appelle le « limon moderne des pentes », qui, vers l'extrémité orientale de la tranchée, présente des cailloux ainsi que des briquaillons et a fourni, en mai 1904, une jarre belgo-romaine, sur laquelle notre collègue M. Fiévez a publié une notice à la Société d'Archéologie de Bruxelles. (Rapport annuel des recherches et des fouilles de 1904. Annuaire de 1905.)

On remarquera que dans la coupe de la tranchée du Jagersveld, les dépôts quaternaires ne sont représentés que par le Moséen (*q1*) et l'Hesbayen (*q3*), le Campinien (*q2*) y faisant complètement défaut, ce qui provient de ce que les couches caillouteuses et graveleuses de ce dernier terme quaternaire ne se rencontrent que dans le fond des vallées sous les alluvions modernes de celles-ci. Et, en effet, le plateau du Jagersveld étant renseigné sur les cartes comme se trouvant à la cote 90, la partie la plus basse de la coupe serait à la cote 90 — 18 = 72, cote à laquelle ne s'est jamais élevé le Campinien dans la région.

On a vu plus haut, page 288, que, par le sondage pratiqué au Nord de Watermael, dans la petite vallée où coule le Veeweidebeek, on a pu constater que la couche de cailloux, épaisse de 1 mètre et rapportée au Campinien, se trouve entre $12^{m}50$ et $13^{m}50$ de profondeur, et comme le niveau de la surface est à la cote 61 en ce point, il s'ensuit que le Campinien y atteint la cote 48.50, et tandis qu'il repose directement sur l'Ypresien, il est séparé des $10^{m}50$ d'alluvions modernes et terrains remaniés par 2 mètres de limon hesbayen.

A Boitsfort, dans la vallée de la Woluwe, le cailloutis campinien, variant en épaisseur de 1 à plus de 4 mètres, repose aussi sur l'Ypresien, sans interposition de Bruxellien, mais est recouvert directement par les alluvions modernes.

Ces dernières observations résultent d'une série de sondages qui ont été exécutés le long du thalweg de la vallée, en des points situés approximativement à la cote 67, et qu'il ne sera pas sans intérêt de passer successivement en revue, eu égard surtout à leur importance hydrologique.

C'est d'abord, en commençant par le plus au Sud, le sondage exécuté le 20 novembre 1902 chez M. Th. Smulders, à l'estaminet *Au bon Coin*, n° 133, chaussée de la Hulpe, et à la bifurcation de celle-ci et de la rue qui, en longeant l'extrémité Sud-Est du grand étang de Boitsfort, aboutit au Kattenberg; il a rencontré :

COUPE DU SONDAGE TH. SMULDERS, DANS LA VALLÉE, A BOITSFORT.

			Mètres.
r	1. Remblai.	4.00	
alm	2. Argile grise avec coquilles et fragments de bois . .	1.90	5.90
q2m	3. Sable quartzeux, gris bleuâtre, avec abondants graviers et cailloux	1.60	
	Eau abondante à $6^{m}25$.		
	4. Sable grossier, gris, avec abondants graviers et cailloux	2.50	
	Source à $8^{m}40$, niveau hydrostatique à quelques centimètres sous le sol.		4.10
	TOTAL . . .		10.00

Un second sondage, effectué le 27 novembre 1902, au Nord-Ouest du précédent, chez M. Sartiaux, rue de Middelbourg, 24, a rencontré :

COUPE DU SONDAGE SARTIAUX, DANS LA VALLÉE, A BOITSFORT.

			Mètres.
r	1. Remblai ou remanié	2.10	
alm	2 Sable quartzeux, grisâtre et légèrement glauconifère, avec fragments de bois	1.00	
	Eau à $2^{m}50$.		
	3. Sable quartzeux gris, plus foncé, avec fragments de bois	0.70	
	4. Tourbe	2.20	
	5. Tourbe argileuse	1.00	7.00
q2m	6. Argile grise avec cailloux.	0.20	
	Eau abondante à $7^{m}20$.		
	7. Sable siliceux, gris blanchâtre, d'origine bruxellienne, avec gravier et cailloux	0.80	1.00
Yd	8. Sable fin, argileux, gris verdâtre, glauconifère et pailleté (touché).		
	Source à $7^{m}60$. Eau jaillissante.		
	TOTAL . . .		8.00

Un troisième sondage a été pratiqué, le 6 décembre 1902, chez M. Henri Servranckx, tapissier, rue de Middelbourg, 71, et a rencontré :

COUPE DU SONDAGE SERVRANCKX, DANS LA VALLÉE, A BOITSFORT.

			Mètres.
r	1. Remblai	1.50	
alm	2. Sable quartzeux, gris bleuâtre, avec fragments de bois . . . . Eau à 2 mètres.	3.70	
	3. Tourbe avec fragments de bois	1.50	
		——	6.70
q2m	4. Sable grossier, gris bleuâtre, avec abondants graviers et cailloux . . . . Eau abondante à $6^{m}70$, source à $7^{m}60$. Eau jaillissant à $0^{m}35$ au-dessus du sol.		1.60
	TOTAL . . .		8.30

Une série de petits puits furent encore exécutés à proximité des précédents sondages, mais comme ce fut par le procédé du battage, il n'a été possible d'en tirer d'autres renseignements que celui de la profondeur de la source et de son gisement approximatif, qui seraient à $10^{m}40$ dans l'Ypresien, chez Vandernoot, 4, rue de Middelbourg, où l'on se trouve à plus de 2 mètres au-dessus du thalweg de la vallée, sur le flanc de la colline; à $8^{m}15$ dans les alluvions, au n° 81 de la même rue, chez M. J. Wauters; à 11 mètres chez M. Fr. Debeys, rue de la Villa, et à $7^{m}80$ dans l'Ypresien, chez M. Everard, *Au bon marché*, 11, rue de l'Hospice. Enfin, tandis que dans ce dernier puits, dont le procédé de creusement ne pouvait donner d'indications précises quant à la nature et à l'ordre de superposition des terrains traversés, mais au sujet duquel un témoin oculaire croit pouvoir assurer qu'il a atteint le sable fin ypresien sans rencontrer d'alluvions ni de cailloux, dans un autre sondage, au contraire, pratiqué à une centaine de mètres à peine, au Sud-Ouest de ce puits, on a pénétré de $0^{m}30$ dans les cailloux, ce qui explique pourquoi le puits construit antérieurement à côté de l'emplacement du sondage et qui doit être descendu un peu plus bas que ce dernier, donne une eau claire et abondante. Le sondage dont il est ici question, exécuté tout récemment, le 30 mars 1903, dans la nouvelle propriété de M. le Ministre d'État Aug. Beernaert, à côté du petit étang pour lequel a été établi le puits il y a quelque dix ans, et entre ce dernier et la porte d'entrée donnant rue de la Villa, environ à la cote 70, a rencontré ce qui suit :

Coupe du sondage de la propriété Beernaert.

			Mètres.
r	1.	Terrain remanié argileux	1.00
alm	2.	Argile sableuse grise, légèrement tourbeuse	2.80
	3.	Tourbe	0.40
q3m?	4.	Limon grisâtre avec points blancs calcarifères	1.80
	5.	Limon gris jaunâtre avec veinules de sable quartzeux rouge, ferrugineux	1.50
q2m	6.	Cailloux de silex roulés, traversés sur.	0.50
		Total . . .	8.00

Il résulte donc des données hydrologiques qui précèdent que, dans les trois sondages pratiqués le long de la Woluwe, la profondeur de la source a varié de 7^{m}60 à 8^{m}40 et serait donc en moyenne à 7^{m}86, soit environ à la cote 60, ce qui correspond assez bien avec les données du dernier sondage ci-dessus.

Enfin, un sondage que le Dr Masen, de Boitsfort, a fait exécuter, en octobre 1902, à flanc de coteau, sur la rive droite de la Woluwe, pour donner de l'eau aux nouvelles maisons qu'il fait construire rue des Fougères, et à peu près à la même distance de la ruelle dite « Montagne de la Cigale », qui joint la rue des Fougères à la rue de la Cigale, a rencontré, d'après le propriétaire, la succession de couches suivantes :

Coupe du sondage Dr Masen, a flanc de coteau, sur la rive droite de la Woluwe, a Boitsfort.

			Mètres.
q3m et *q1m*	1.	Limon et cailloux roulés surmontés de terre végétale, environ	1.00
B	2.	Sable blanc siliceux, dit sable rude	13.00
	3.	1er niveau d'eau avec un peu de boulant au 14e mètre.	
	4	Sable blanc siliceux semblable à 2, de 14 à 20 mètres.	6.00
	5.	2e niveau d'eau avec un peu de boulant au 20e mètre.	
	6.	Sable rude de nouveau de 20 à 25 mètres	5.00
	7.	Sable pourri de 25 à 30 mètres	5.00
		Total. . .	30.00

On a rencontré des grès lustrés plats et arrondis, un peu altérés, dits « pierres de sable », isolés à trois niveaux différents, et le dernier à 30 mètres.

Or, comme l'orifice du sondage est à la cote 80, à peu près au niveau du grès rouge qui termine le Bruxellien à sa partie supérieure et qui est bien visible sur le talus de la rue des Fougères, il s'ensuit que la profondeur atteinte de 30 mètres est bien approximativement l'épais-

seur de cet étage, dont la base serait ainsi environ à la cote 50 en ce point, alors qu'en amont, dans la vallée où le Bruxellien a été complètement enlevé, la présence du sable fin de l'Ypresien est signalée à la cote 59 dans le sondage Sartiaux.

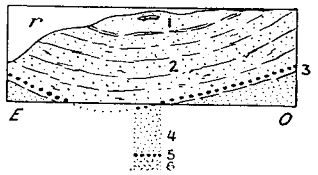
Il est à remarquer encore que le deuxième niveau d'eau (couche n° 5 du sondage Masen), qui remontait de 8 mètres dans les tubes, de façon à se trouver à 12 mètres de la surface, doit être, d'après les données de la carte topographique, à la cote 60 dans le sable bruxellien, ce qui correspond à la moyenne de celles des sources dans le cailloutis campinien des puits de la vallée.

Un puits pratiqué dans une autre propriété du Dr Masen, à un niveau plus bas, à l'Ouest du sondage précédent, a rencontré le niveau d'eau à 11 mètres de profondeur. Ce doit être le correspondant du n° 3 du premier sondage Masen, qui serait environ à la cote 66.

A un niveau bien inférieur à celui des deux sondages précédents, on voit, au bas du coteau, dans la cour de la brasserie Vanden Put, située au coin de la rue des Fougères et de l'avenue d'Auderghem, un large puits de 2 mètres de côté, et plus large au bas, à 1 mètre sous le niveau du pavé de la cour.

L'eau, qui doit provenir du niveau de la couche n° 5 du sondage Masen, à la cote 60, sort des sables bruxelliens et alimente la brasserie; le trop-plein s'écoule dans la Woluwe, dont le thalweg est précisément renseigné sur la carte comme étant à la cote 60 en ce point.

La coupe figure 11 de la tranchée du Jagersveld permet de compléter les observations antérieures qui ont servi de base au levé de la carte géologique de la région boitsfortoise, et qui vont être passées successivement en revue.



Échelle 1/250.

Fig. 12. — Coupe du déblai Ch. Willems.

Un peu au Sud de l'extrémité occidentale de la tranchée et de la chaussée de la Hulpe, un petit déblai en contre-bas de la villa de Castel Rose, appartenant à M. Charles Willems, et située au coin et entre la rue de l'Étang et l'avenue Taelemans, à la sortie de la gare, a permis d'observer, en février 1902, la coupe figure 12.

COUPE DU DÉBLAI CH. WILLEMS (fig. 12).

		Mètres.
r	Remanié.	
Le	1. Sable blanc, fin, avec concrétions ferrugineuses. . . .	0.50
	2. Sable jaunâtre, fin, avec parties plus foncées ferrugineuses et lits ferrugineux présentant de petites failles. . . .	2.40
	3. Gravier avec quelques grains de glauconie et un lit argileux de $0^{m}10$ à la base	0.20
	Un sondage pratiqué sur le plancher de la fondation a donné :	
Lk	4. Sable jaunâtre plus foncé, demi-fin	1.60
	5. Gravier avec grains laiteux abondants	0.10
Bd	6. Sable siliceux avec grès, visible sur	0.05
	TOTAL . . .	4.85

On remarquera que la coupe figure 12 permet de constater, comme celle de la figure 11, la présence, au-dessus du Bruxellien, de deux graviers bien distincts, à allure d'apparence ravinante, et la constance d'épaisseur de la couche de sable entre les graviers, qui est sensiblement la même que celle constatée dans la tranchée du Jagersveld.

Il n'en est plus de même, à proximité, dans la tranchée du chemin de fer de la gare de Boitsfort, où les deux graviers finissent par se confondre vers le Nord-Nord-Ouest, dans la direction de Watermael.

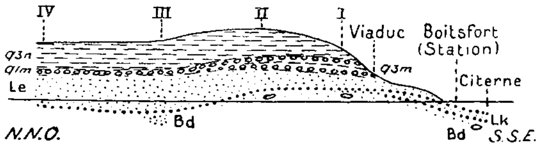
C'est ce que montre la coupe figure 13, relevée à l'aide d'un petit déblai pratiqué pour la construction d'une citerne, le 15 juin 1885 (*Bull. Acad.*, t. XVI, 1888, p. 267), et de quatre déblais à la bêche, sur le talus oriental de la tranchée, renseignés également sur la coupe et dont les trois premiers, relevés le 24 juillet 1888, ont aussi été décrits (*Ibid.*, pp. 267-269).

Quant au quatrième déblai, pratiqué pour l'écoulement des eaux, il a permis de constater, le 19 septembre 1891, sous un peu plus de 4 mètres de limon avec $0^{m}20$ de cailloux à la base, la présence de $4^{m}70$ de sable fin, blanc et jaune, légèrement graveleux, au niveau de la voie.

Il faut ajouter que, le 13 août 1899, on pouvait constater, toujours sur le talus oriental de la tranchée, à peu de distance et au Nord-Nord-Ouest du viaduc, au-dessus du sable bruxellien, deux graviers séparés par 1 mètre de sable légèrement graveleux.

Enfin, le 25 septembre 1901, un déblai pratiqué de l'autre côté du viaduc, en contre-bas de la chaussée de La Hulpe, contre la barrière de clôture de la gare, a permis d'observer le gravier supérieur dans un sable jaune d'ocre à $1^{m}50$ de la surface.

La coupe figure 13 ne fournit pas seulement un nouvel exemple de la disparition du sable laekenien dans la tranchée de la gare, mais elle montre aussi que le Bruxellien y affleure en un point, comme le renseigne du reste la Carte géologique au 40 000e.



Échelle. { Haut. 1/800. Long. 1/5000.

Fig. 13. — Coupe de la tranchée de la station de Boitsfort.

		Mètres.
q3n	1. Limon brun recouvert de terre végétale (III)	4.50
	2. Cailloux roulés (I).	0.30
q3m	3. Limon sableux jaune (I)	0.75
q1m	4. Cailloux roulés dans l'argile sableuse, grisâtre (III) . . .	0.35
Le	5. Sables fins, jaune gris blanchâtre, parfois brunâtre, avec lits argilo-ferrugineux et matière noire (III), atteignant . .	5.10
	6. Gravier se confondant avec le gravier 8 (dans les quatre déblais)	0.10
LK	7. Sable légèrement graveleux	1.00
	8. Gravier	0.10
Bd	9. Sable siliceux, blanc et jaune, devenant brunâtre, durci et passant au grès ferrugineux à la partie supérieure . .	1.50
	Total. . .	13.70

On remarquera que, tandis qu'à la tranchée du grand pont, au Sud-Est de la station d'Etterbeek, qui atteint la cote 103, on observe, au-dessus du Bruxellien, des couches rapportées aux étages laekenien, ledien, wemmelien et asschien, on doit se demander quelles sont celles de ces couches qui se retrouvent à Boitsfort, où le plateau des Trois-Tilleuls, qui n'est séparé du grand pont que par un peu plus de 2 kilomètres, atteint la cote 104.

C'est pour chercher à résoudre cet intéressant problème de stratigraphie, les données paléontologiques faisant à peu près complètement défaut ou étant, par leur insuffisance, plutôt de nature à induire en erreur, que les principaux affleurements qui ont pu être étudiés entre la drève du Duc et les Trois-Tilleuls vont être passés successivement en revue.

C'est, en premier lieu, la sablière Verhaegen, située rue du Pinson,

au bas de la drève du Duc, déjà décrite en 1888 (*Bull. Acad.*, t. XVI, p. 264), et dont la coupe, relevée à nouveau le 21 juillet 1889, fut encore complétée le 20 août 1891, de façon à pouvoir être détaillée comme suit :

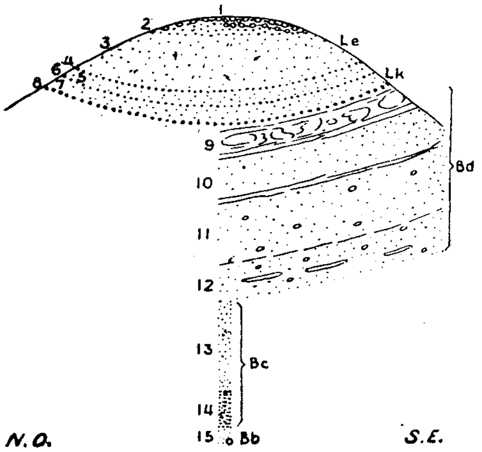


Fig. 14.

COUPE DE LA SABLIÈRE VERHAEGEN, A BOITSFORT.

				Mètres.
q1m	1.	Cailloux roulés formant, vers l'extrémité Nord de la sablière, d'épais amas avec un peu de limon recouvert de terre végétale, variant en épaisseur de 0m20 à 0m30 et plus rarement jusqu'à		1.10
Le	2.	Sable jaune durci, ferrugineux et bigarré de grisâtre à la surface		1.10
	3.	Sable fin, légèrement glauconifère, blanchâtre vers le haut et jaunâtre dans la masse, plus ou moins ferrugineux par places		3.50
	4.	Gravier.		0.10
	5.	Sable jaune graveleux		0.60
	6.	Gravier avec grains de glauconie		0.10
Lk	7.	Sable d'un jaune sale avec quelques grains de gravier, variant en épaisseur de 0m90 à		1.20
	8.	Gravier avec grains laiteux.		0.20
Bd	9.	Sable siliceux concrétionné passant au grès ferrugineux.		
	9'.	Lit ferrugineux géodique sous le gravier n° 8, dans le sable siliceux bruxellien.	0.50	
	9''.	Sable siliceux concrétionné passant au grès ferrugineux à tubulations, formant un banc épais, presque continu, atteignant une épaisseur de plus de	1.00	

	9'''.	Sable siliceux 0m35, séparant le sable n° 10 d'un niveau de sable ferrugineux peu épais, 0m25. .	0.60	
				2.10
	10.	Sable jaune siliceux, séparé du sable n° 11 par un petit banc de grès rouge		2.50
	11.	Sable jaune siliceux, avec concrétions arrondies, séparé du sable n° 12 par un lit mince d'argilite brunâtre . . .		4.00
	12.	Sable blanc siliceux, avec concrétions arrondies et grès lustrés, dont un de 1m20 de long et recouvert d'*Ostrea cymbula ;* visible sur		2.00
				18.50
		Un puits construit au bas de la sablière et qui a rencontré l'eau à 31 1/2 pieds de profondeur, a traversé les couches suivantes, d'après les ouvriers :		
Bc	13.	Sable jaune verdâtre, décalcifié, environ.		7.00
	14.	Sable blanc marneux, environ.		2.00
Bb	15.	Sable rude; eau		1.00
		TOTAL. . .		28.50

C'est dans la sablière dont on vient de voir la coupe que se trouvait, dans le Bruxellien, à plusieurs mètres sous le sable ferrugineux, une poche de sédiments d'apparence fluviale que M. le baron van Ertborn place à la cote 84, ce qui la ferait rentrer dans la couche n° 11 de la coupe figure 14, et qu'il décrit comme suit (1) : « La poche a environ 3 mètres et se trouve comblée par des sédiments finement stratifiés, souvent obliquement, de sables de diverses couleurs, de glaises vertes ou brunes, de matière ligniteuse, de glauconie. Au-dessus de ces dépôts de matières diverses se trouve une couche de sable emprunté au Bruxellien encaissant. Nous en avons retiré une concrétion sableuse ayant la forme d'une tuile faîtière. »

Cette poche, avec laquelle la lentille *9x* de la figure 11 présente quelques analogies, pourrait fort bien être un dépôt fluvial d'âge moséen ou même tertiaire, comme cela paraît bien être le cas pour les « pochettes de sable graveleux stratifié avec ossements et cailloux roulés, présentant parfois une teinte gris sale toute particulière », qui ont été signalées en plein sable blanc siliceux bruxellien de l'ossuaire d'Ixelles lez-Bruxelles (2).

(1) Baron E. VAN ERTBORN, *Une poche de sédiments fluviaux dans le sable bruxellien.* (ANN. DE LA SOC. ROY. MALACOL., 1899, t. XXXIV, p. CXXXIV.)

(2) M. MOURLON, *Essai d'une monographie des dépôts marins et continentaux du Quaternaire moséen le plus ancien de la Belgique.* (ANN. DE LA SOC. GÉOL. DE BELGIQUE, 1900, t. XXVbis, p. 162, fig. 4, couche *3x'*.)

On remarquera que la coupe figure 14 présente, comme celle de la tranchée du Jagersveld, un magnifique exemple du sable d'émersion ferrugineux (*Bd*) séparé par le facies calcareux (*Bc*) du sable d'immersion (*Bb*). La présence de ce dernier n'a été renseignée, il est vrai, que sur le dire de puisatiers, mais on a pu constater sa présence, le 23 août 1879, au bas de la drève du Duc, au n° 45, dans un déblai pratiqué pour la construction d'une serre derrière la villa Parva, appartenant à M. Beernaert et occupée maintenant par son beau-frère, l'auteur du présent mémoire.

C'était un beau sable blanc avec grès lustrés arrondis, mis à découvert sur 2 mètres de haut et identique à celui de la couche 12 de la figure 11, qui est sur son prolongement au Sud, de même que celui qui s'observait au Nord dans la sablière de la rue des Trois-Tilleuls, dite sablière Devleeschouwer, qui a complètement disparu aujourd'hui, et qui était située à 227 mètres au Nord-Ouest de la rue de la Villa et à 135 mètres de la rue du Four.

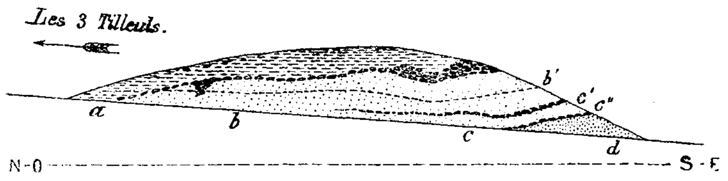
Le 15 août 1875, on observait, en effet, dans cette sablière, la coupe que voici :

COUPE DE LA SABLIÈRE DES TROIS-TILLEULS.

		Mètres.
q3m	1. Limon pâle, stratifié, zoné de verdâtre.	4.00
q1m	2. Idem avec lignées de couches de cailloux.	2.50
Bc	3. Sable jaunâtre ou d'un blanc sale, avec grès fistuleux friable, fossilifère (*Ostrea*).	4.00
Bb	4. Sable blanc siliceux, exploité, avec de rares concrétions arrondies, parfois très volumineuses, de grès lustrés. .	3.00
	TOTAL. . .	13.50

Un peu au Nord de la coupe précédente, on pouvait voir bien distinctement, sur le talus oriental de la rue des Trois-Tilleuls élargie, la coupe relevée le 16 septembre 1887 et qui se trouve décrite et figurée dans le *Bulletin de l'Académie* (t. XVI, 1888, p. 265).

Il ne sera pas inutile de donner ci-après la description légèrement modifiée de cette coupe, en renseignant à quelles notations, en lettres, de la figure 15, reproduite intégralement, correspondent les numéros d'ordre de la nouvelle description.



Échelle. { Haut. 1/1000. Long. 1/2000.

Fig. 15. — Coupe relevée sur le talus oriental de la rue des Trois-Tilleuls, a Boitsfort.

			Mètres.
q3m *q1m*	1 = *a*	Limon stratifié et cailloux roulés formant, par places, de puissants amas, et ravinant le sable sous-jacent.	4.00
Le	2 = *b*	Sable fin, jaunâtre, légèrement glauconifère, avec rares petites paillettes de mica, variant en épaissseur de $1^{m}20$ à	3.00
	3 = *b'*	Lit argilo-ferrugineux d'un jaune d'ocre, parfois concrétionné et fossilifère (*Cardium*).	
	4 = *b*	Sable jaune, peu ou point glauconifère, avec quelques paillettes de mica et quelques grains de gravier . .	2.90
	5 = *c'*	Gravier et lits minces argileux, bien visibles et assez épais à la partie méridionale de la coupe, mais paraissant mourir vers le Nord-Ouest	0.30
	5' = *c'*	En un point de la coupe (au-dessus de la lettre *C*), j'ai recueilli un sable grisâtre, très glauconifère, qui semble bien représenter le gravier ledien, qui fut parfois confondu, naguère, avec le niveau glauconifère base de l'Asschien.	
LK	6 = *c*	Sable jaune verdâtre, légèrement glauconifère, peu ou point graveleux	2.00
	7 = *c''*	Gravier formant un banc dont l'inclinaison Nord varie de 5° à 20° et constitué par une couche de $0^{m}25$ de sable graveleux, à grains laiteux dominants (7'), surmontée d'une couche de $0^{m}20$ de gros grains de quartz translucides (7''), laquelle est séparée du sable 6 par un petit lit mince, argileux	0.45
Bc	8 = *d*	Sable bruxellien avec grès fistuleux effrités, présentant sur $0^{m}35$, au contact du gravier 7', des linéoles argileuses avec matière noire; le tout visible sur . . .	4.00
		Total. . .	16.65

La coupe figure 15 montre que les sables fins surmontant le Bruxellien et les $2^{m}45$ de sables graveleux qui occupent la place du Laekenien ont une épaisseur de plus de 6 mètres. Mais, en continuant à remonter la rue des Trois-Tilleuls, on a pu observer encore des sables fins, sans interposition de gravier, jusqu'à une cinquantaine de mètres du sommet,

c'est-à-dire en un point qui, d'après la carte, serait à la cote 99, et comme ces mêmes sables fins commencent approximativement à la cote 85, cela donnerait à ceux-ci une épaisseur d'environ 14 mètres, alors que dans la tranchée du grand pont, au Sud-Est de la station d'Etterbeek, elles ne dépassent guère 8 mètres.

Voici la coupe qu'il a été possible de relever sur le talus occidental de la rue des Trois-Tilleuls, entre la rue des Champs et le point culminant, en s'aidant, pour la prolonger sous le niveau de la rue, d'un déblai pratiqué, pour la conduite du gaz, en novembre 1904; la pente de la rue est de 0m065 par mètre.

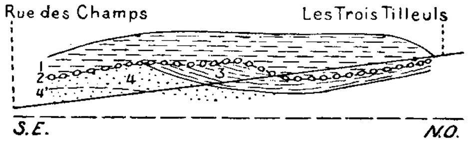


Fig. 16. — Coupe relevée sur le talus occidental, au haut de la rue des Trois-Tilleuls, a Boitsfort.

			Mètres.
q3n	1.	Limon jaune pâle, friable	3.50
q1m	2.	Cailloux formant parfois de petits amas avec sable jaune dans l'argile, atteignant	1.10
Tg1c	3.	Argile jaunâtre bigarrée de grisâtre, devenant brunâtre, légèrement pailletée de mica, avec concrétions blanches phosphatées, visible sur 1m20 dans le talus, à 45 mètres au Sud des Trois-Tilleuls et jusqu'au fond du déblai qui, ayant 1m50, en porte l'épaisseur à	2.70
Le	4.	Sable fin, jaunâtre et blanchâtre, légèrement glauconifère, présentant un lit de concrétions ferrugineuses, avec traces de fossiles (4'), dans lequel il a été recueilli, le 23 juin 1901, une Nummulite qui, par sa taille, semblait pouvoir être rapportée à la *N. wemmelensis*, mais comme l'échantillon qui la renfermait a été égaré et que, malgré des recherches réitérées, il n'en a plus été trouvé d'autres depuis, il n'y a point lieu d'en faire état, au moins quant à présent; visible sur	2.50
		Total . .	9.80

On remarquera qu'entre les couches de la coupe précédente, rapportées au Ledien et au Tongrien, il n'existe d'autres démarcations que celles produites par leurs caractères minéralogiques si contrastants. On observe encore ce contact sur le plateau des Trois-Tilleuls, notamment dans un chemin creux aboutissant à ces derniers, dirigé Nord-Sud et où les concrétions blanches phosphatées sont particulièrement abondantes.

Enfin, un sondage pratiqué le 20 août 1891 au point culminant du plateau, à la cote 104, a permis de constater que l'argile rapportée au Tongrien acquiert une épaisseur de plus de 5 mètres, ce que montre la coupe suivante :

COUPE D'UN SONDAGE A L'OUEST-SUD-OUEST DES TROIS-TILLEULS, A BOITSFORT.

			Mètres.
q	1.	Limon et cailloux à la base	2.80
Tg1c	2.	Argile plastique jaune foncé, pailletée.	0.60
	3.	Argile sableuse, avec rares grains de glauconie, jaune verdâtre	0.20
	4.	Idem, avec quelques grains de glauconie et linéoles d'argile à 5 mètres du sol et plus sableuse ensuite	2.80
	5.	Argile sableuse avec quelques rares grains de glauconie .	0.40
	6.	Argile sableuse très ferrugineuse, plus ou moins concrétionnée, très dure	1.20
Le?	7.	Sable verdâtre, avec parties durcies, ferrugineuses en descendant	0.70
		TOTAL. . .	8.70

D'après ce qui précède, le plateau des Trois-Tilleuls présenterait, entre les sables bruxelliens et l'argile rapportée au Tongrien, une couche de sable parfois calcarifère, comme c'est le cas à Watermael, notamment dans le chemin creux formant la limite occidentale de la propriété Parmentier, occupant la place du Laekenien et surmontée d'un épais dépôt de sables fins rapportés au Ledien.

Il n'apparaît pas, en effet, que dans toute cette masse de sables fins qui s'observent si bien dans le chemin creux reliant Boitsfort à Watermael, il y ait rien qui rappelle soit les sables quartzeux wemmeliens, soit les sables associés à l'argile glauconifère asschienne dont les premiers affleurements, bien et dûment constatés, n'ont été observés qu'à l'Ouest, sur le talus méridional du chemin reliant la drève de Lorraine à l'hippodrome de Boitsfort.

Néanmoins, afin de trouver réunis ici tous les éléments acquis jusqu'à ce jour pour la solution du problème stratigraphique si délicat de la région parcourue par la Société, il ne sera pas inutile de renseigner un affleurement qui a contribué, dans une certaine mesure, à faire figurer erronément sur la Carte géologique au 40000[e], le prolongement, si pas de l'argile, tout au moins des sables de l'Asschien (*Asdb*) jusque Boitsfort.

Cet affleurement s'observe en un point situé entre cette dernière localité et Watermael, à 300 mètres au Nord-Nord-Ouest du sondage précédent, page 307, à la bifurcation d'un chemin creux avec un autre aboutissant à la drève des Ormes et présentant la coupe que voici :

Coupe dans un chemin creux entre Boitsfort et Watermael.

		Mètres.
q	1. Limon et gros cailloux	0.30
Le	2. Sable jaune glauconifère.	1.40
	3. Sable graveleux, glauconifère, concrétionné, formant de petites lentilles de grains de quartz, avec glauconie, comme dans certaines couches asschiennes ou wemmeliennes, plutôt qu'un vrai gravier	0.05
Lk?	4. Sable jaune peu glauconifère	2.00
	Total. . .	3.75

Il résulterait donc de cette coupe et des données qui précèdent, que les mers wemmelienne et asschienne ne se seraient pas étendues jusqu'à Boitsfort, et que l'argile qui, aux Trois-Tilleuls, surmonte directement les sables fins de la mer ledienne, serait un dernier vestige de la mer la plus ancienne de l'Oligocène tongrien, dont les différentes assises se montrent si bien développées vers Tervueren et Louvain, d'une part, ainsi que dans une partie du Brabant et des Flandres, où elles recouvrent celles de la mer asschienne.

Après l'étude qui vient d'être faite des affleurements et sondages, fournissant le complément indispensable des données, déjà si intéressantes, recueillies dans la belle tranchée du Jagersveld, où nous avons laissé les excursionnistes, ceux-ci se sont rendus à la *Maison Haute*, où se trouvait dressée, devant un superbe panorama et en un lieu tout rempli de souvenirs historiques, la table du festin. Celui-ci, aussi bien approprié aux appétits légendaires qu'à la parcimonie traditionnelle des géologues, a reçu la complète approbation des nombreux convives qui, de leurs places, pouvaient admirer la nouvelle avenue au bas de laquelle s'étendait, en face de la maison communale, il y a quelque trente ans, une vaste pièce d'eau de laquelle émergeait un îlot surmonté jadis par le château dont les anciens Boitsfortois ont vu enlever les derniers vestiges des fondations. C'est ce château féodal du domaine des ducs de Bourgogne qui, au temps de Charles-Quint, était en pleine forêt de Soignes le primitif rendez-vous de chasse où l'on forçait le cerf au son

de l'hallali et qui fut remplacé par celui de la *Maison Haute* qu'occupa le grand veneur du prince Charles de Lorraine, le prince de Rubempré; on voit encore, au-dessus des fenêtres de la façade, parmi un certain nombre de blasons, celui de cette ancienne famille, qui s'est éteinte dans celle des de Mérode.

Les charmes du paysage, agrémentés d'un soleil radieux, que ne pouvait guère laisser espérer l'averse du matin, ayant fait oublier l'heure du départ renseignée au programme de l'excursion, on s'est rendu vers Tervueren par la délicieuse vallée de la Woluwe, en voie de transformation, et qui va devenir une des plus belles artères et certainement la plus pittoresque des environs de la capitale.

Région comprise entre Stockel et les Quatre-Bras (Tervueren).

Un chemin creux situé entre le hameau de Stockel et les Quatre-Bras a permis d'étudier les sédiments considérés comme ayant été déposés par les mers tongriennes (*Tg1*) et surmontés, en un point situé entre les cotes 95 et 100, par un dépôt de sable et de gravier regardé comme ayant été produit par un fleuve plus récent de cette époque oligocène (*Tg2*).

C'est ce que renseigne la Carte géologique au 40000e, levée par M. Rutot; mais, dans ces derniers temps, l'attention ayant de nouveau été appelée sur cette question par M. le baron van Ertborn (1), à la suite d'excursions faites par ce dernier en compagnie de feu Ch. de la Vallée Poussin et de nous-même, qui n'avions plus parcouru cette région depuis le 22 août 1879, il a paru utile d'en saisir nos autres collègues de la Société belge de Géologie.

Un déblai de 6 mètres de hauteur, pratiqué le 10 juin 1904 sur le talus occidental du chemin creux traversant la propriété de M. le baron d'Huart, a donné la coupe que voici :

COUPE RELEVÉE SUR LE TALUS OCCIDENTAL (VERSANT NORD) DU CHEMIN CREUX ENTRE STOCKEL ET LES QUATRE-BRAS.

		Mètres.
q?	1. Terre végétale avec petits cailloux de quartz blanc et autres cailloux avec gravier et fragments de grès ferrugineux passant au poudingue dans un sable jaune graveleux	0.40

(1) *Ann. de la Soc. roy. malacol. de Belgique,* t. XXXIV, séance du 2 décembre 1899, pp. CXXXV-CXXXVII.

2.	Sable blanc et jaune d'aspect sale, avec cailloux roulés disséminés	0.30
Tg2k 3.	Sable jaune et blanchâtre, finement pailleté, avec concrétions ferrugineuses et grains de gravier de quartz disséminés	0.50
4.	Gravier	0.08
5.	Sable blanc et jaune graveleux	0.50
6.	Gravier formé de grains de riz et de petits cailloux parfois agglutinés et passant au poudingue	0.20
Tg1d 7.	Sable quartzeux, jaunâtre et blanchâtre, demi-fin, avec concrétions ferrugineuses brun noirâtre, en forme de tuiles, formant un banc paraissant incliné au Nord	1.45
8.	Sable quartzeux fin, semblable au précédent, avec concrétions ferrugineuses renfermant, vers le bas, une grande tuile géodique remplie de sable d'un jaune pâle paraissant blanchâtre	1.60
9.	Un mètre environ plus bas dans le chemin s'observe encore, dans un petit déblai, le même sable avec concrétions ferrugineuses.	1.00
	TOTAL. . .	6.03

Une série de petits déblais à la bêche, pratiqués un peu vers le Nord-Ouest, sur la même paroi occidentale, montrent le passage insensible du sable quartzeux jaunâtre avec concrétions ferrugineuses en forme de tuiles, devenant parfois rouge sanguin vers le bas, à un sable argileux, jaune pailleté (*Tg1c*).

Il est à remarquer que le chemin creux qui a fourni la coupe précédente atteint la cote 110 en un point où la colline présente sur son versant Nord la coupe qui vient d'être décrite et à proximité de laquelle on marche, dans le chemin, sur le prolongement des bancs de grès ferrugineux en forme de tuiles et de gros tuyaux présentant l'aspect le plus bizarre; l'affleurement des sables et grès dans le chemin creux commence à 200 mètres au Nord-Ouest du chemin qui est à la cote 109 et dirigé Ouest-Sud-Ouest, et le déblai pour la coupe ci-dessus a été pratiqué à 280 mètres au Nord-Ouest du même chemin.

Sur l'autre versant, on retrouve les mêmes sables jaunes et jaune rougeâtre, parfois rouge sanguin, avec concrétions ferrugineuses, et à 150 mètres au Sud du chemin dirigé Ouest-Sud-Ouest, à la cote 109 (la carte topographique semble défectueuse en ce point par le fait qu'on n'est plus sur le plateau, mais assez avancé sur la pente), on

observe, à l'aide des trous pratiqués pour en retirer du sable, sur le talus occidental, la coupe suivante :

COUPE RELEVÉE SUR LE TALUS OCCIDENTAL (VERSANT SUD) DU CHEMIN CREUX ENTRE STOCKEL ET LES QUATRE-BRAS.

			Mètres.
q	1.	Espace recouvert de végétation	2.00
	2.	Sable jaunâtre avec cailloux disséminés	1.00
	3.	Sable gris glauconifère, graveleux, et cailloux noirs d'aspect diestien	1 00
Tg1d	4.	Sable quartzeux demi-fin, blanc et jaune, présentant, en remontant le chemin creux, des couches ferrugineuses rouge sanguin.	

L'affleurement qui précède paraît bien être celui signalé par le baron van Ertborn comme ayant été découvert par M. de la Vallée Poussin, seulement, d'après la carte topographique, il ne serait pas vers la cote 102 ou 103, comme le renseigne notre Collègue.

Ce dernier signale aussi que le sommet de la colline, situé à 500 mètres environ au Nord-Est des Quatre-Bras et qui atteint la cote 122, est occupé par un bois de sapins dont le sol est jonché de nombreux débris de grès ferrugineux.

Il ajoute qu'une petite fouille pratiquée vers la cote 118 a permis d'observer un sable de l'espèce dite « cassonade » et dont les apparences ne lui paraissent guère tongriennes.

Il est bien vrai que rapporter ce sable au Tongrien (*Tg1d*), c'était donner au sable d'émersion de cet étage une fort grande épaisseur, comme l'a fait remarquer M. le baron van Ertborn, mais il est à noter aussi que c'est souvent le cas lorsque, comme cela se présente ici, le facies argileux (*Tg1c*) est fort réduit. En outre, les analogies pétrographiques, bien qu'à des cotes de niveau fort différentes, des sables jaune et rouge sanguin avec grès ferrugineux de la coupe que nous avons fait pratiquer à la cote 122 et dont on trouvera plus loin la description, avec ceux du versant Sud de la colline traversée par le chemin creux entre Stockel et les Quatre-Bras, semblaient bien autoriser à les rapporter au même niveau (*Tg1d*).

Nous avions déjà été amené à cette conclusion par l'examen des échantillons provenant d'un déblai pratiqué pour les fondations des dépendances du château appartenant à la baronne de Waha, et qui vient d'être construit au lieu dit « Bois d'Hooghvorst », en un point situé entre les Quatre-Bras et Ophem (pl. Saventhem).

Or, ce point, qui avait été bien repéré sur le terrain et reporté sur

la carte, se trouvait, d'après celle-ci, à la cote 110 environ, alors que, au contraire, un nouvel examen sur place nous a montré qu'il constituait l'un des points culminants, à la cote 122 et, par conséquent, 12 mètres plus haut que nous ne l'avions estimé d'abord d'après les données erronées de la carte topographique.

Outre ce grave inconvénient, la coupe du déblai en question, qu'on trouvera également ci-après, présentait de bien fâcheuses lacunes résultant de ce que le sondage qui s'y rapporte était déjà descendu à la profondeur de plus de 15 mètres lorsque l'agent du Service géologique chargé de recueillir les renseignements en profondeur fut mis à même de pouvoir s'aboucher avec le sondeur.

Nous ajouterons que ce n'est point sans amertume que nous avons pu constater tout récemment qu'un puits qui eût si bien permis de compléter la coupe dont il s'agit avait été construit, depuis l'exécution du sondage, à l'emplacement de ce dernier jusqu'à la profondeur de plus de 50 mètres, où on est obligé de pomper l'eau pour l'élever et la distribuer à l'aide d'un moteur à pétrole, au château. Il nous eût épargné de grands efforts qui eussent pu s'appliquer plus utilement à tant d'autres recherches du même genre, qui nous sollicitent de toutes parts, mais il n'y a point lieu de le regretter, du reste, puisque nous sommes arrivé à résoudre la question en litige par la découverte, au milieu des sables s'étendant de la cote 95 à la cote 122, d'un niveau de petits cailloux séparatifs. La présence de ces derniers avait été annoncée par les ouvriers du sondeur Peeters à la profondeur de 11 mètres dans le sondage en question et n'eût pas manqué d'être reconnue définitivement dans le puits si l'on avait pu y recueillir de bons témoins des terrains traversés, ce qui n'a malheureusement pas été le cas.

Disons de suite que la conclusion à laquelle nous a amené l'étude stratigraphique de la région à l'aide de sondages pratiqués à différentes hauteurs consiste à regarder le niveau de cailloux en question comme séparant les sables et grès ferrugineux en formes de tuiles représentant les sables d'émersion du Tongrien inférieur (*Tg1d*) des sables avec débris de grès ferrugineux présentant fréquemment la teinte rouge sanguin.

A quel terme du groupe tertiaire faut-il rapporter le dépôt sableux supérieur au niveau de cailloux? Est-ce au Pliocène diestien, comme était porté à le croire le baron van Ertborn, qui y rangeait également les sables avec grès ferrugineux en forme de tuiles du versant Nord de la colline traversée par le chemin creux entre Stockel et les Quatre-

Bras? En l'absence de fossiles, il est assez difficile de se prononcer avec certitude sur ce point délicat; mais si l'on se rappelle qu'un niveau de cailloux reposant sur le Tongrien inférieur a été signalé, vers 1882, par M. Velge, aux environs de Louvain (1), dans des conditions de gisement qui paraissent être identiques, on sera tout naturellement amené à considérer les sables qui, au point culminant, à la limite des planchettes de Tervueren et de Saventhem, surmontent le niveau de cailloux en question, comme étant le prolongement des couches des environs de Louvain dans lesquelles M. Van den Broeck, qui avait aussi reconnu l'existence du même niveau de cailloux, a découvert une faune marine qu'il considère comme représentant le facies marin du Tongrien supérieur du Brabant (*Tg2b*) (1). C'est ce que nous avons eu l'occasion d'exposer à la séance de la Société du 21 mars 1905, en résumant les principaux résultats des différentes coupes qu'il nous a été possible de relever et que nous reproduisons ci-après avec la nouvelle interprétation des couches telle qu'elle vient d'être indiquée.

C'est, en premier lieu, celle du déblai complétée par un sondage, en juillet 1905, dans la propriété de la baronne de Waha et dont il a été question plus haut.

COUPE DU SONDAGE AU CHATEAU DE WAHA, ENTRE LES QUATRE-BRAS ET OPHEM, A LA COTE 122.

			Mètres.
q5	1.	Limon jaune brunâtre	1.20
q1m	2.	Cailloux et grès ferrugineux.	0.30
Tg2b	3	Sable jaune bigarré de rouge sanguin, légèrement pailleté, rappelant entièrement celui du versant Sud du chemin creux entre Stockel et les Quatre-Bras	1 00
		Un sondage pratiqué en contre-bas du déblai précédent a donné :	
	4.	Dépôt dont il n'a pas été recueilli d'échantillon sur. . .	8.50
Tg2a	5.	Cailloux (d'après les ouvriers du sondeur Peeters).	
Tg1d	6.	Dépôt dont on n'a pas d'échantillon	5 00
Tg1c	7.	Argile sableuse, gris verdâtre légèrement bigarré de rougeâtre et finement pailletée, de 16 à 20 mètres . . .	4.00
Tg1b	8.	Sable argileux jaunâtre, fin, finement pailleté, de 20 à 23 mètres	3.00

(1) *Ann. de la Soc. roy. malacol. de Belgique*, t. XVI, 3e série, t. II, 1882, et *Bulletin de la Société belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol.*, t. VII, 1893, pp. v, 233-237 et 268-270.

Le?	9.	Sable jaunâtre, légèrement glauconifère, de 23 à 32m80. .	9.80
LK?	10	Gravier à grains de quartz blanc opaque et translucide, rappelant ceux du Laekenien, de 32m80 à 25 mètres . .	2.20
Bd	11.	Sable blanc siliceux, avec quelques grains de glauconie (échantillon recueilli à 25 mètres), de 35 à 40 mètres. .	5.00
		Total. . .	40.00

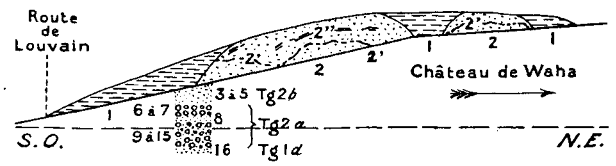
On a vu plus haut les conditions défavorables dans lesquelles la coupe ci-dessus a pu être dressée, mais un sondage pratiqué récemment pour la revision des levés de la planchette de Tervueren, en un point situé à la cote 122, presque à la limite Nord de cette planchette et qui doit être le même que celui signalé par le baron van Ertborn, a donné la coupe que voici :

Coupe du sondage au Nord-Est des Quatre-Bras (Tervueren), à la cote 122.

			Mètres.
q	1.	Terre végétale	0 30
Tg2b	2.	Sable gris blanchâtre et jaunâtre, parfois rouge sanguin, avec grès ferrugineux	0.40
	3	Argile sableuse, jaune brunâtre, pailletée	1.20
	4.	Sable jaunâtre et grès ferrugineux	0.60
	5.	Sable rouge sanguin	1.90
	6.	Sable jaune.	1.60
	7.	Sable jaune rougeâtre, légèrement ferrugineux	1.00
	8.	Sable jaunâtre, un peu pailleté	0 80
	9.	Sable jaune pâle, légèrement pailleté	1.60
	10.	Sable jaune brunâtre, légèrement pailleté.	0.90
		Total . .	10 30

Le sondage qui a fourni la coupe précédente venait d'être exécuté lorsque le chef d'équipe s'aperçut qu'il existait, à proximité, une nouvelle avenue reliant le château de Waha à la route de Louvain, à peu près parallèle à la route de Malines et dont l'extrémité Sud-Ouest n'est séparée que par 170 mètres de cette dernière route, aux Quatre-Bras.

Voici la coupe que nous en avons levée, le 17 mars 1905, sur le talus occidental et que nous avons pu prolonger par un sondage le 21 du même mois.



Échelle. { Haut. 0,00150 p. m. / Long. 1/240.

ig. 17. — Coupe de la tranchée, prolongée par un sondage, entre la route de Louvain et le chateau de Waha.

		Mètres.
q3	1. Limon jaune brunâtre, assez friable, avec quelques cailloux à la base et quantité de fragments de grès ferrugineux des sables sous-jacents, formant de véritables poches de ravinement dans ces derniers.	
Tg2b	2. Sables blanchâtres et jaunâtres, légèrement glauconifères, un peu pailletés, avec zones ondulées et taches rouge sanguin (2') et quantité de plaques ferrugineuses (2''), avec quelques concrétions jaunes de forme bizarre dont une, percée de part en part, rappelle un peu certains grès fistuleux	4.00
	Un sondage pratiqué au bas de la tranchée, à 120 mètres de son extrémité Sud-Ouest, a donné ce qui suit :	
	3. Sable gris blanchâtre pailleté.	0.90
	4. Idem jaune	0 70
	5. Idem gris jaunâtre	1.20
Tg2a	6. Sable gris blanchâtre pailleté avec petits cailloux de silex roulés disséminés	1.20
	7. Idem, jaunâtre bigarré de grisâtre, avec petits cailloux de silex roulés	0.50
	8. Idem sans cailloux apparents.	1.00
	9. Idem avec petits cailloux de silex roulés disséminés . .	0 80
	10. Sable jaunâtre avec paillettes de mica, grains de glauconie et petits cailloux de silex roulés disséminés. . . .	0.60
	11. Sable et grès ferrugineux jaune brunâtre, légèrement pailletés, avec petits cailloux de silex roulés disséminés.	0 40
	12. Sable argileux jaune brunâtre, légèrement glauconifère, avec petits cailloux de silex roulés disséminés . . .	0.40
	13. Idem un peu plus argileux et très glauconifère, avec nombreux petits cailloux de silex roulés.	0 50
	14. Sable et grès ferrugineux jaune brunâtre, finement pailleté, avec petits cailloux de silex roulés . . .	0.90
	15. Sable argileux ferrugineux, jaune brunâtre, avec nombreux cailloux de silex roulés	0.50
Tg1d	16. Sable gris jaunâtre pailleté	0.60
	Total. . .	14 20

Il est à remarquer qu'à part la longueur de 30 mètres de limon qui termine la coupe figure 17, celle-ci se trouve tout entière sur le territoire de la planchette de Tervueren. Au point de la tranchée où a été effectué le sondage, le haut du talus étant approximativement à la cote 114, cela fait commencer le gravier *Tg2a* à la cote 111, qui est précisément celle où il a été renseigné dans le sondage du château de Waha.

Revenant maintenant au point où nous avons laissé les excursionnistes dans le chemin creux, aussi pittoresque qu'instructif, entre Stockel et les Quatre-Bras, nous rappellerons qu'on a pu observer, à proximité de ce dernier point, par où se termina l'excursion, un affleurement de sable d'un aspect tout particulier par sa teinte jaune rougeâtre orangé.

Ce dernier sable présentait, avant la création de la tranchée du tramway, au point où le chemin de Stockel aboutissait à la grand'route de Louvain, la coupe suivante, relevée le 4 juillet 1890, et prolongée tout récemment par un sondage à côté du chemin :

COUPE DE L'ANCIEN TALUS, PROLONGÉE PAR UN SONDAGE, AUX QUATRE-BRAS (TERVUEREN).

			Mètres.
q3	1.	Limon et cailloux à la base	2.00
Tg2b	2.	Sable blanc et jaune rougeâtre orangé, pailleté	2.80
		Un sondage pratiqué le 18 mars 1905 à côté du chemin, en contre-bas de l'ancien affleurement, a rencontré :	
	3.	Sable gris blanchâtre avec paillettes de mica	0.80
	4.	Sable jaunâtre	0.70
	5.	Sable gris blanchâtre	1.50
	6.	Sable bigarré de jaunâtre	0.50
Tg2a	7.	Sable avec petits cailloux de silex roulés	1.00
	8.	Sable	0.30
	9.	Sable gris blanchâtre bigarré de jaunâtre, finement pailleté	1.20
	10	Sable plus pâle	0.80
	11	Sable jaune verdâtre, glauconifère, avec petits cailloux plats de silex roulés	0 70
	12.	Sable argileux, jaune verdâtre, glauconifère, avec quelques petits cailloux plats de silex roulés noirs	0.50
	13.	Sable gris blanchâtre et jaunâtre, avec petits cailloux de silex roulés noirs	0.60
Tg1d	14.	Sable jaunâtre pailleté	0.90
	15.	Sable	0.50
		TOTAL	14.80

Il résulte donc de la coupe précédente que le sable n° 2, qui avait été assimilé, sur la planchette de Tervueren, au sable d'émersion du Tongrien inférieur (*Tg1d*), doit être distingué de ce dernier, et de même que les sables n°s 3 à 6 de la même coupe, ainsi que ceux qu'on a vus, sur la planchette contiguë de Saventhem, surmonter le niveau de cailloux séparatif, doit être considéré comme constituant l'extension occidentale du facies marin du Tongrien supérieur du Brabant.

Enfin, lorsque les excursionnistes arrivèrent aux Quatre-Bras, qui étaient le terme du voyage, un certain nombre d'entre eux, en descendant la route de Malines, ont pu observer, en place, sur le talus occidental, à 380 mètres au Sud du chemin qui mène à la ferme de Ravenstein, sous 1 mètre de cailloux quaternaires et 4 mètres de sable jaune rougeâtre devenant argileux vers le bas, un bel affleurement d'argile sableuse jaune et blanche, finement pailletée de mica (*Tg1c*), qui est bien certainement celle à laquelle fait allusion le baron van Ertborn dans le récit, rappelé ci-dessus, de l'excursion qu'il accomplit le 20 septembre 1899, en compagnie de feu notre regretté confrère de la Vallée Poussin : « Cette excursion avait pour but, dit-il, de comparer les couches rapportées dans les environs des Quatre-Bras au Tongrien inférieur par le levé de la Carte géologique, aux couches types des environs de Louvain, que nous venions de revoir peu de temps auparavant.

» Il résulte, pour nous, de cette exploration que l'argile que l'on observe à quelques centaines de mètres au Sud des Quatre-Bras, dans les talus de la chaussée de Mont-Saint-Jean, ainsi que les sables qui la surmontent aux environs des Quatre-Bras, jusque vers les cotes 110 ou 112, sont incontestablement d'âge tongrien inférieur; les dépôts sont absolument les mêmes que ceux des environs de Louvain et l'interprétation du levé nous paraît indiscutable. »

C'est sur cette constatation fort agréable pour les auteurs des levés de la Carte dans cette région que se termina l'excursion. Celle-ci s'est accomplie dans les meilleures conditions, favorisée, surtout l'après-midi, par un temps superbe, qui achèvera, nous l'espérons, de laisser un bon souvenir à tous ceux qui y ont pris part.

LE

HÖLL-LOCH (TROU D'ENFER) EN SUISSE

(près du lac des Quatre-Cantons) (1)

PAR

Ed. RAHIR

Attaché des Musées Royaux du Cinquantenaire.

Si les massifs calcaires de la Suisse renferment un nombre assez notable de cavernes plus ou moins importantes, telles que le « Trou de Lauï » avec ses 3 kilomètres de couloirs, aucune d'elles cependant ne peut être comparée à la grotte du « Höll-Loch », aussi bien pour la longueur des galeries que pour le très grand intérêt scientifique qu'elle présente.

Actuellement, grâce aux persévérantes investigations de plusieurs alpinistes de Muotathal, de Zurich et de Brunnen, plus de 9 kilomètres de galeries ont été reconnues jusqu'à ce jour. D'après ce que j'ai vu, d'après les renseignements que j'ai recueillis sur place, j'ai l'intime conviction que le Höll-Loch dépasse en longueur toutes les cavernes actuellement connues en Europe, même Adelsberg (Hongrie) avec ses 10 kilomètres de galeries. Le réel obstacle, rendant difficiles, pour le moment et en certains endroits, de nouvelles et importantes découvertes, réside presque exclusivement dans le peu d'accessibilité de la grotte, surtout dans sa première moitié. En effet, dans cette caverne absolument non aménagée, les pentes très raides qui se succèdent sur un sol à peu près entièrement rocheux et couvert d'aspérités, les murailles presque à pic qu'il faut franchir, produisent une si grande fatigue, qu'après ces pénibles escalades de plusieurs heures, on n'a guère le courage d'en entreprendre de nouvelles, d'autant plus que l'on doit nécessairement emporter un matériel assez encombrant.

---

(1) Présenté à la séance du 21 mars 19

Une des dernières explorations de M. Widmer et de ses compagnons a duré quarante-six heures; ces infatigables alpinistes, après avoir reconnu alors de nouvelles galeries, ont vu l'amorce d'autres couloirs qui n'ont encore jamais été visités, soit à cause d'obstacles très difficiles à surmonter en l'état actuel de la caverne, soit aussi faute du matériel nécessaire pour en tenter l'exploration.

Il faudrait pouvoir conduire dans les parties éloignées du Höll-Loch un matériel complet, avoir un personnel nombreux et dévoué à sa disposition et y séjourner peut-être pendant huit jours consécutifs, afin de pouvoir y faire d'importantes découvertes. Actuellement, on peut dire qu'une visite de la caverne doit être considérée comme de l'alpinisme à l'intérieur d'une montagne et, par conséquent, à la portée seule d'explorateurs déterminés; mais lorsque les galeries seront convenablement aménagées, il est certain que le simple touriste pourra alors les explorer facilement.

Le Höll-Loch n'était guère connu avant 1880, et c'est de cette année à 1890 que MM. Betschard et Bürgeler, de Muotathal, commencèrent la série des véritables explorations. Les plus importantes expéditions eurent lieu seulement à partir de 1898; c'est alors qu'aux premiers vinrent s'ajouter les noms de MM. Beeler, Egli, Hartmann, Linke, Otter, Saxer, Wehrli, Widmer-Osterwalder et Zimmermann.

Une description pittoresque de cette caverne, illustrée d'un plan et de photographies, véritable récit d'alpiniste, a été publiée par MM. Jos. Otter et P. Egli, de Zurich (1). Une seule étude scientifique, mais très sommaire et partielle, en a été faite par M. E.-A. Martel (2), le savant spéléologue français bien connu, à la suite de sa visite de la caverne, le 27 juillet 1902, sous la conduite de MM. Widmer-Osterwalder et Saxer, de Zurich.

J'ai eu l'occasion d'étudier, à deux reprises, cette caverne, notamment en mai-juin 1904, pendant une quinzaine de jours, ainsi que le massif dans lequel elle est creusée, et cela dans des conditions particulièrement exceptionnelles pour l'observation du régime hydrologique. Je crois donc pouvoir en donner une description scientifique un peu complète, d'autant plus que j'ai eu la chance de constater des phénomènes aussi remarquables que rares et imposants par leur grandeur.

---

(1) Jos. Otter et P. Egli, *Le Höll-Loch à Muotathal.* (Annuaire du Club alpin suisse pour 1902-1903, Berne.)

(2) E.-A. Martel, *Le Höll-Loch « Trou d'Enfer » (Suisse).* (La Nature, revue des sciences, Paris, 1903, nº 1560.)

Mes explorations de ces galeries souterraines me permettent de partager l'opinion de M. Martel, lorsqu'il déclare qu'au point de vue scientifique, le Höll-Loch est véritablement l'une des grottes les plus remarquables et les plus intéressantes qui existent. « En résumé, dit M. Martel, le Höll-Loch ne fait que confirmer, sur une échelle absolument grandiose, tout ce que les récentes explorations souterraines ont appris de nouveau sur l'hydrologie des terrains calcaires, l'origine et le rôle de leurs cavernes : il fournit la synthèse la plus accomplie des principaux phénomènes spéléologiques et mérite, à ce titre, d'être universellement connu. »

Tout spéléologue sait que, dans la grande majorité des cavernes, le plancher des galeries est très souvent recouvert, complètement ou en notable partie, de dépôts limoneux ou stalagmitiques, de même que les voûtes et les parois sont fréquemment tapissées de dépôts calcaires.

Dans le Höll-Loch, au contraire, les deux tiers antérieurs des galeries principales sont à peu près complètement privés de matériaux de comblement, ce qui fait que les divers modes de creusement par les eaux y sont non seulement bien représentés, mais aussi visibles d'une façon extraordinairement remarquable.

Je me contenterai de décrire assez sommairement cette grotte, afin d'en montrer seulement l'allure et l'aspect général, pour insister principalement sur tout ce qui se rattache à son régime hydrologique et au travail des eaux souterraines, que j'ai particulièrement observé et dont l'intérêt est ici vraiment capital.

Par leur connaissance très complète des moindres dédales de la caverne (partie reconnue jusqu'à ce jour), MM. Widmer-Osterwalder et Saxer, intrépides alpinistes de Zurich, ont beaucoup facilité mes explorations, me signalant tout ce qui pouvait être utile à mes recherches. Je suis particulièrement reconnaissant à M. Widmer de la peine qu'il s'est donnée pour m'aider à accomplir ma tâche, et je l'en remercie bien sincèrement.

Le Höll-Loch est situé dans un important massif rocheux qui domine le confluent de la Muota et du Starzlen. En remontant de quelques kilomètres la Muota, qui vient se jeter dans le lac des Quatre-Cantons, tout près de Brunnen, endroit de villégiature bien connu, on s'engage dans une superbe gorge, étroite et profonde, bordée de hautes montagnes. Cette gorge des plus pittoresques, qui offre un bel exemple de vallée en voie de formation, est célèbre par les combats qui y furent livrés, en 1794, entre les Russes, commandés par Souvarow, et les

Français. Un pont, dit de Souvarow, rappelle ce sanglant souvenir. Un peu au delà de ce pont, la vallée s'élargit brusquement, et la rivière qui, en aval, avait un régime torrentiel, coule maintenant plus paisiblement pendant environ 9 kilomètres, c'est-à-dire jusqu'en amont du

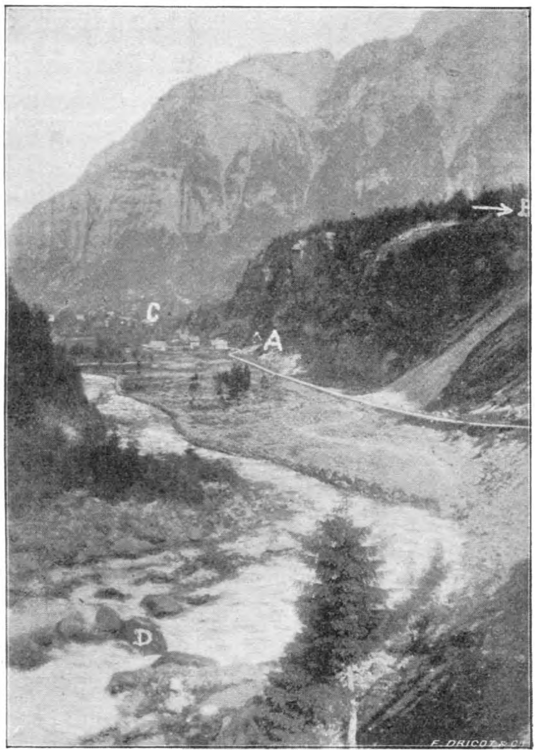


Fig. 1. — Vallée de Muota.

A. Source-Rampante.
B. Entrée du Höll-Loch.
C. Confluent du Starzlen et de la Muota.
D. Rapides de la Muota.

village de Muotathal, ou tout près de la Source-Rampante ou résurgence des eaux de la rivière souterraine du Höll-Loch. Plus en amont encore, la Muota — qui maintenant se nomme plus généralement la Bisithal — a de nouveau un régime torrentiel, puis une section à cours plus paisible, et enfin, à partir du hameau de Dürrenboden, on rencontre une dernière série de rapides et de cascades, dont la merveilleuse cascade de Waldibach, une des plus belles chutes d'eau de la

Suisse centrale. Je signale seulement en passant cette rivière, si bien caractérisée par ses gradins successifs, montrant ainsi qu'elle n'a pas encore atteint sa pente d'équilibre.

Le village de Muotathal, distant d'environ deux kilomètres de la

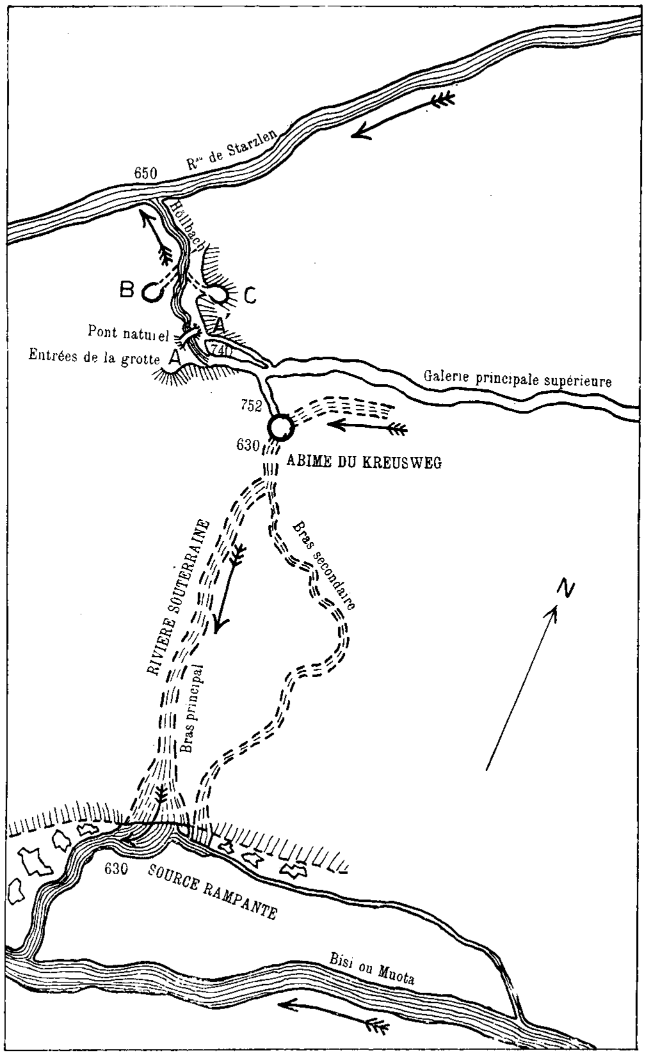


Fig. 2. — Croquis des résurgences de la rivière souterraine du Höll-Loch.

grotte, est le point terminus de la malle-poste; c'est de cette agglomération que l'on se rend par une route carrossable au hameau de Stalden, d'où part un chemin à pente raide qui, passant immédiate-

ment au-dessus de l'entrée du Höll-Loch, se continue vers le col du Pragel.

Le profil géologique du massif renfermant la caverne, construit par H. Schardt d'après A. Heim, professeur de Géologie à l'Université de Fribourg, montre que le plateau recouvrant — premier échelon des Alpes glaronnaises — est formé de roches perméables, peu perméables ou imperméables aux eaux pluviales. Les terrains les plus perméables —

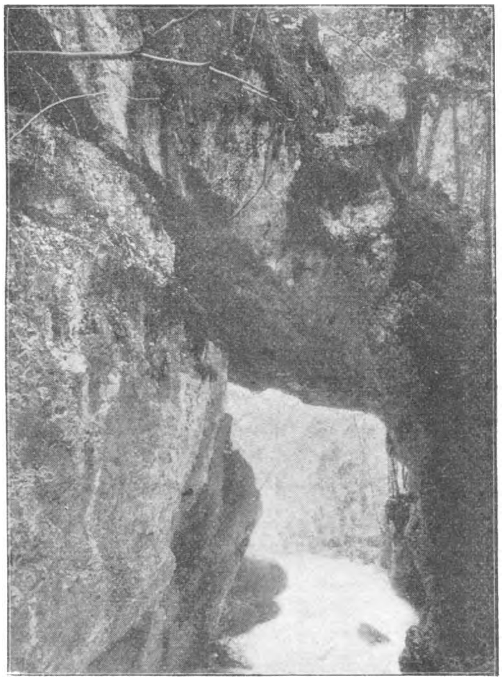


Fig. 3. — Pont naturel a l'entrée du Höll-Loch, livrant passage au torrent du Höllbach.

ceux qui nous intéressent plus particulièrement ici — sont des calcaires fissurés du Crétacé supérieur (calcaire de Seewen) et des calcaires urgoniens. Ces terrains, reposant sur des formations imperméables (schistes nummulitiques et Flysch), constituent donc une sorte de vaste réceptacle au sein duquel se développent les interminables galeries du Höll-Loch.

L'entrée du Höll-Loch (*A* de la figure 2 ci-dessus) utilisée par les explorateurs se trouve à l'altitude de 740 mètres, soit 105 mètres au-dessus de la Source-Rampante, ou résurgence permanente de la

rivière souterraine. A quelques mètres à gauche et au-dessus de cette entrée existe une autre voie d'accès (*A'*) qui va bientôt rejoindre la première.

Ces entrées sont situées au fond d'un entonnoir d'effondrement laissant encore en place, comme témoins de l'écroulement de la voûte d'une caverne, deux ponts naturels dont l'un, assez important, est très pittoresque d'aspect.

Rarement, ainsi que nous le verrons tantôt, les eaux sortent par l'entrée du Höll-Loch, se précipitent en cascades écumeuses sous les deux ponts, tombent dans un abîme d'une vingtaine de mètres pour continuer leur course furieuse vers le ruisseau de Starzlen, formant alors le torrent temporaire du Höllbach. A droite de ce ravin, très généralement à sec, existent deux anciennes résurgences qui sont indi-

Fig. 4. — Entrée principale du Höll-Loch a la suite d'une crue interne.

quées par de notables affaissements du sol. L'une de ces sorties (fig. 2 en *B*) fonctionne encore, paraît-il, mais rarement; je n'ai cependant rien vu d'anormal en ce point lorsque je constatai le déversement des eaux par l'entrée (en *A*) située à au moins 30 mètres au-dessus. On m'a affirmé que trente-deux heures après un violent orage, un notable volume d'eau a jailli autrefois du fond de cet entonnoir. Le régime hydrologique des calcaires étant essentiellement capricieux, et plus ici que partout ailleurs, je ne puis nier le fait, malgré les apparences contraires. Le point *C*, entièrement gazonné, ne sert plus jamais de déversoir au trop-plein des crues.

Le ravin du Höllbach, depuis son origine, c'est-à-dire depuis l'entrée de la grotte jusqu'à son débouché au ruisseau de Starzlen, inférieur de 90 mètres d'altitude, est le lieu de multiples points de résurgence des eaux; eaux qui surgissent progressivement de bas en haut suivant l'amplitude de la crue, jusqu'à être projetées finalement, mais exceptionnellement et plus particulièrement à la saison de la fonte des neiges, par l'entrée du Höll-Loch.

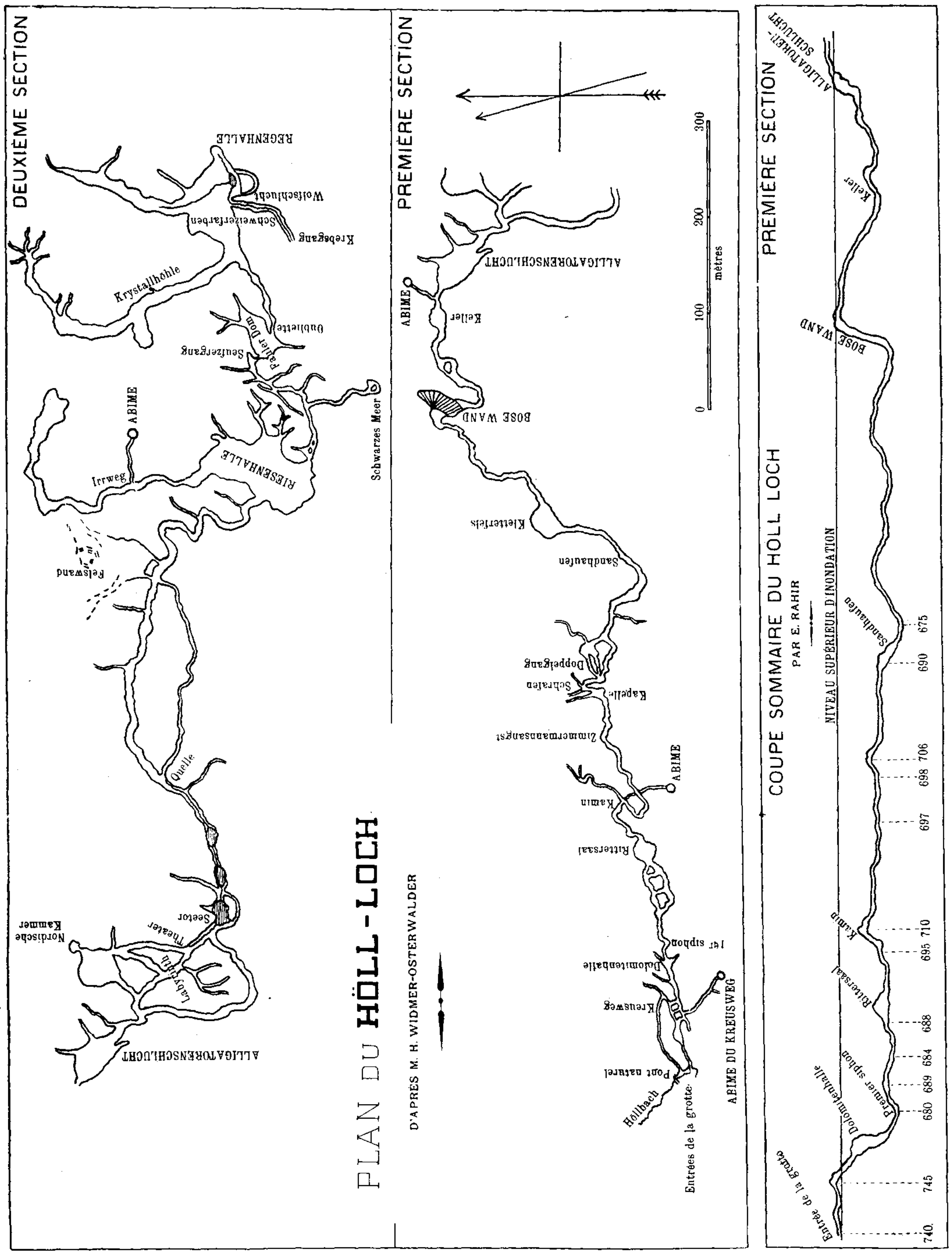
Ces anciennes voies d'écoulement de la rivière souterraine, maintenant presque complètement abandonnées par elle, constituaient autrefois des sorties permanentes. En vertu de cette loi si générale, et maintenant incontestée, de l'enfouissement graduel des eaux dans les calcaires, la rivière souterraine s'est ouvert une autre voie ou mieux d'autres voies inférieures aux premières. Chose curieuse et plus fréquente qu'on ne le pense, le cours d'eau souterrain a non seulement abandonné toutes ses anciennes issues vers le ruisseau de Starzlen, mais il s'est créé ses nouvelles voies vers la vallée de la Muota; c'est-à-dire que sa sortie a lieu maintenant dans une autre vallée et à un niveau inférieur de 15 mètres au point d'émergence le plus bas dans le vallon du Starzlen, soit encore 105 mètres en dessous de la sortie primitive. M. E.-A. Martel, au cours de sa rapide exploration du Höll-Loch, en 1902, s'était parfaitement rendu compte de ce fait.

Cette résurgence, appelée Source-Rampante (Schleichende Brunnen), semble, à première vue, se produire par un point unique à la base d'une superbe muraille rocheuse; mais tantôt, après un examen attentif, nous verrons qu'il n'en est pas ainsi.

Avant de m'occuper tout spécialement du régime hydrologique du Höll-Loch en période de crues, de ses marmites creusées par les eaux, etc., je crois utile de donner tout d'abord une rapide description de la caverne.

L'entrée du Höll-Loch se continue par une galerie ascendante et assez basse sur une courte distance. Après une petite descente et une nouvelle montée assez raide, on arrive au point de jonction de plusieurs galeries, appelé le « Kreusweg ». De ce point partent la galerie principale et à droite un étroit couloir montant, qui finalement mène à l'abîme dit du « Kreusweg », dont l'ouverture est à l'altitude de 752 mètres.

Le placement des échelles de corde nécessaires pour ma visite de ce gouffre a donné lieu à des manœuvres aussi pénibles que difficiles, que je n'ai pas à détailler ici. La descente de l'abîme est extrêmement peu commode, même à l'aide d'échelles de corde, à cause de l'allure très



DEUXIÈME SECTION
PREMIÈRE SECTION
PLAN DU HÖLL-LOCH
D'APRÈS M. H. WIDMER-OSTERWALDER
REGENHALLE
Wolfsschlucht
Schweizerfarben
Krebsgang
Krystallhöhle
Oubliette
Palier Don
Seufzergang
Schwarzes Meer
ABIME
RIESENHALLE
Irrweg
Felswand
Quelle
Seetor
Theater
Nordische Kammer
Labyrinth
ALLIGATORENSCHLUCHT
Keiler
BOSE WAND
Kletterfels
Sandhaufen
Doppelgang
Schratten
Kapelle
Zimmermannsangst
Kamin
Rittersaal
1er siphon
Dolomitenhalle
Kreusweg
Pont naturel
Höllbach
Entrées de la grotte
ABIME DU KREUSWEG
0 100 200 300
mètres
COUPE SOMMAIRE DU HOLL LOCH
PAR E. RAHIR
NIVEAU SUPÉRIEUR D'INONDATION
ALLIGATOREN-SCHLUCHT
Rittersaal
Premier siphon
Dolomitenhalle
Entrée de la Grotte
740 745 680 689 684 688 695 710 697 698 706 690 675

Fig. 5.

tourmentée du gouffre, de l'étroitesse parfois extrême des parois et de leur manque de verticalité, ce qui occasionne à l'explorateur de continuelles et peu agréables frictions.

Il va de soi que la descente de cet abîme n'offre qu'un intérêt purement scientifique et qu'il ne pourrait par conséquent être question d'y amener les touristes.

A 732 mètres d'altitude, on atteint un premier palier, et à 4 ou 5 mètres en dessous débouche une galerie par laquelle on peut arriver au fond d'un autre abîme. En réalité, cette galerie reliant les deux abîmes ne constitue pas un étage moyen comme on le consi-

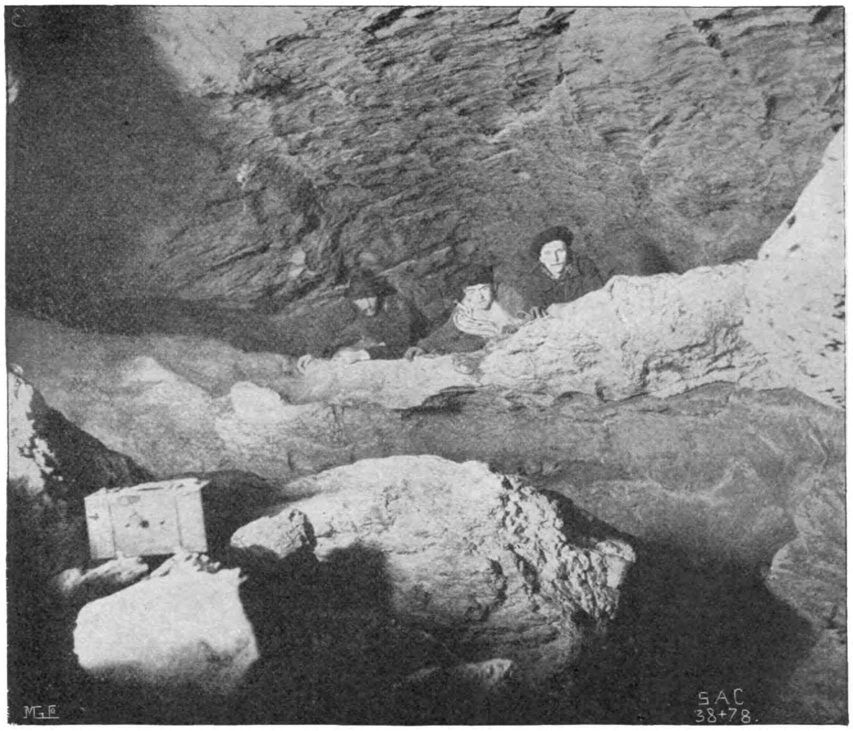


Fig. 6. — Le Kreuzweg (50 mètres de l'entrée).
(Extrait du *Jahrbuch des Schweizer Alpenclub*, édité par A. Francke, Berne.)

dérait jusqu'à présent, parce que les points bas de la galerie principale ou supérieure ont des altitudes de 675 et 680 mètres, soit de 45 mètres environ inférieures à l'entrée du couloir, dit d'étage moyen, dont il est question. On peut dire que jusqu'à présent on n'a pas découvert d'étage moyen bien défini, — tout au moins dans la partie

antérieure du Höll-Loch, — mais il y a là tout un réseau de galeries à niveaux très variables et qu'il n'est guère possible de diviser en deux étages ou plus. Ce qui est certain, c'est qu'il y a là de nombreux couloirs — dont beaucoup sont encore inconnus — qui peuvent être occupés par les eaux en période de fortes crues et une ou plusieurs galeries inférieures de 80 à 100 mètres, en moyenne, à la galerie supérieure, et qui sont occupées d'une façon permanente par la rivière souterraine.

La descente de l'abîme du Kreusweg se continue par une galerie en spirale, à pente très raide, sur un plancher rocheux couvert d'aspérités, cupules, etc., montrant nettement l'action érosive et corrosive des eaux. A partir de ce point, je constatai que partout les eaux de crues devaient parfois faire irruption. Mes compagnons, qui ne partageaient pas ma manière de voir, durent cependant se rendre à l'évidence, quelques jours après, lorsqu'ils virent d'importantes cataractes se précipiter dans l'abîme où nous étions descendus. Plus bas, les pentes deviennent parfois si fortes et si peu commodes qu'elles sont assez dangereuses à parcourir, d'autant plus que les échelles ou les cordes ne peuvent guère être utilisées, faute de points d'appui suffisants. Je n'ai pu dépasser l'altitude de 673 mètres, soit environ 80 mètres de descente, parce que cette visite avait lieu à la période des fortes eaux. L'obstacle que j'ai rencontré alors consistait en une formidable cascade tombant au fond du gouffre, soit 40 mètres plus bas. Quelques jours après se produisait la grande crue qui donna lieu aux violentes chutes d'eau de 100 mètres signalées ci-dessus et dont nous reparlerons plus tard.

En période sèche, M. Widmer et d'autres explorateurs réussirent à atteindre le fond de l'abîme, qui est occupé par un petit lac dont l'eau paraît stagnante et qui est baptisé du nom de Zurichsee. Dans ses eaux, M. Widmer avait trouvé des écrevisses blanches — et aveugles selon toute probabilité — qu'il m'a été impossible de recueillir, comme j'en avais l'intention. Ce lac doit être sensiblement au même niveau que celui de la Source-Rampante et se trouver sur le passage de la rivière souterraine ou très voisin de ce passage, ainsi que le prouvent mes expériences à la fluorescéine.

Chose curieuse, M. Widmer a reconnu dans une galerie inférieure, venant déboucher aux deux tiers de la profondeur de l'abîme, un assez notable amas de concrétion d'une blancheur neigeuse qui avoisine un petit lac; tandis que dans la galerie supérieure, située immédiatement au-dessus, il n'y en a pas. On constate presque toujours le contraire; mais dans cette extraordinaire caverne, où le caprice et le mystère règnent partout en maîtres, il ne faut s'étonner de rien.

Revenons à la galerie principale, au point de croisement dont nous avons parlé précédemment.

Une longue descente passant par la salle dite des « Dolomites » conduit à la partie basse d'un premier et important siphon (voir ma coupe sommaire), soit à une altitude de 65 mètres inférieure au point de départ (1). La salle des Dolomites est intéressante par ce fait que son plancher, très fortement incliné, montre bien nettement l'action

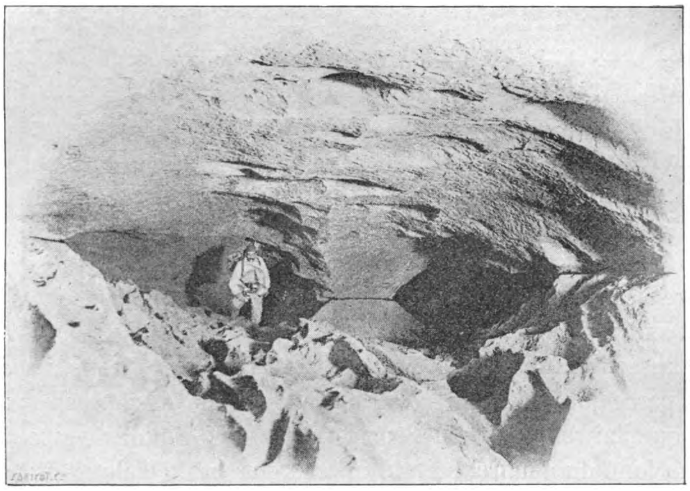


Fig. 7. — DOPPELGANG.
(Cliché de M. Wehrli, de Zürich.

des eaux courantes sous forme de profondes rainures, ainsi que nous pourrons le constater également à la Böse Wand. D'ici jusqu'au delà de « l'Alligatorenschlucht », soit sur un parcours de 1500 mètres, se trouvent réunis les plus grands obstacles à la visite actuelle de la caverne supérieure. Les montées et descentes successives forment une série de siphons désamorcés en période sèche, parfois noyés pour des raisons locales encore à déterminer; nous en reparlerons à propos du régime hydrologique.

On peut dire que dans le Höll-Loch on suit exactement les sinuosités mêmes des plissements rocheux, évidés par les eaux souterraines.

La figure 7, qui offre un exemple caractéristique de l'aspect général

(1) En raison des perturbations barométriques constatées dans la caverne, on ne peut garantir l'exactitude absolue des chiffres d'altitude.

Fig. 8. — Plissement du massif renfermant le Höll-Loch.
A. Source-Rampante.
(Cliché de E.-A. Martel.)

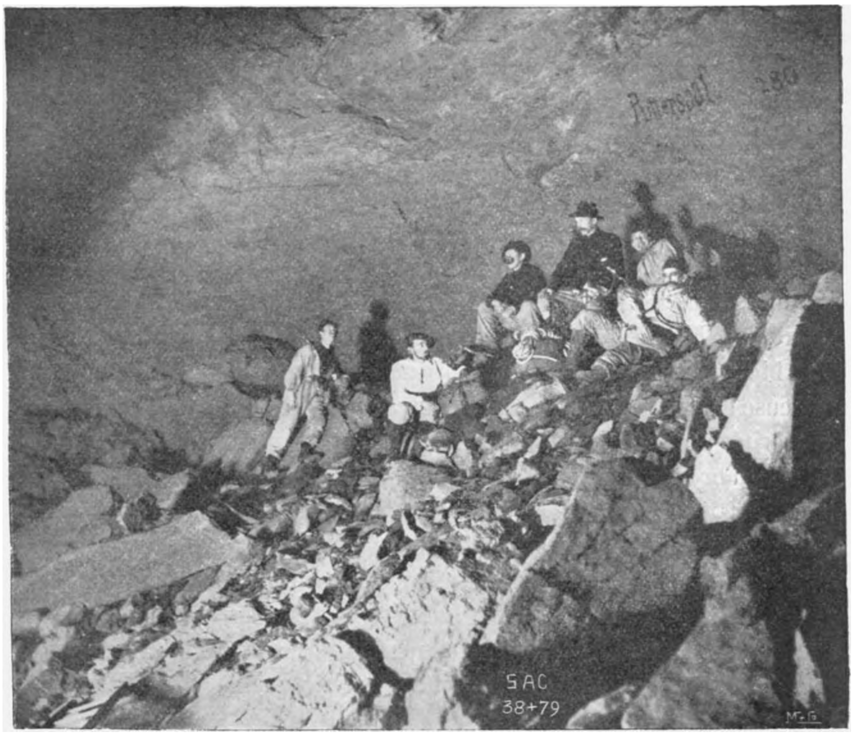


Fig. 9. — La Rittersaal (280 mètres de l'entrée).
(Extrait du *Jahrbuch des Schweizer Alpenclub*, édité par A Francke, Berne.)

d'une grande partie des galeries supérieures, le montre bien nettement.

M. Martel a parfaitement observé et signalé ces mêmes plis dans la muraille surplombant la Source-Rampante, muraille sensiblement parallèle à la direction générale de la caverne.

La figure 8 est si démonstrative à ce sujet qu'elle nous dispense d'en dire plus long.

La première salle notable que l'on rencontre se nomme la « Rittersaal »; c'est une des assez rares excavations du Höll-Loch où se remarquent des écroulements de quelque importance. Presque partout le plancher rocheux très corrodé est à nu et est souvent creusé d'un nombre considérable de marmites que nous étudierons plus tard.

La figure 7 représente fort bien l'aspect général du plancher de la caverne, avec ses multiples aspérités, ses marmites, qui ici ont toutes été décapitées par une usure de longue durée, etc.; en d'autres termes, l'action mécanique des eaux y est imprimée d'une façon extrêmement nette.

La figure 10 montre un bel exemple de la résistance que peuvent opposer certains bancs calcaires à l'action des eaux. La tranche rocheuse toute cupulée qui, en cet endroit, traverse la galerie dans presque toute sa largeur, est si mince et si sonore au moindre choc qu'on craindrait presque de passer entre elle et la voûte, ainsi que le fait le personnage représenté sur cette photographie.

Les deux obstacles les plus difficiles et les plus pénibles à franchir actuellement consistent en murailles, très hautes et escarpées, qui sont désignées sous le nom de Böse Wand et d'Alligatorenschlucht.

La Böse Wand ou « méchante muraille », qu'il faut gravir maintenant tant bien que mal en faisant corps autant que possible avec la paroi rocheuse et en se hissant, à l'aide d'un câble, avec une prudente lenteur, d'aspérités en aspérités, a une inclinaison qui varie entre 50 et 80°. Cette peu ordinaire muraille souterraine, haute de 50 mètres, a sa paroi rayée sur presque toute sa longueur par d'assez profondes rainures creusées par les eaux suivant la direction du courant très actif et même violent ici en période de crue, ainsi que le prouve le niveau supérieur d'inondation (voir la coupe). A certaines époques, ce niveau d'inondation doit être assez bien supérieur à celui indiqué par la coupe, ainsi que le fait présumer l'examen de la deuxième moitié de la galerie principale du Höll-Loch.

Le deuxième obstacle sérieux que l'on rencontre, avant d'atteindre les pentes relativement douces et assez régulières qui conduisent à la Regenhalle ou salle terminale, est l'Alligatorenschlucht.

L'ascension de la Böse-Wand a lieu en une seule fois dans une fissure assez grande, mais relativement étroite, tandis qu'au passage de l'Alligator l'escalade se fait dans une galerie circulaire à échelons successifs. Parfois — et c'était précisément le cas lors de ma première exploration en mars 1904 — ce passage est en partie occupé par une chute d'eau,

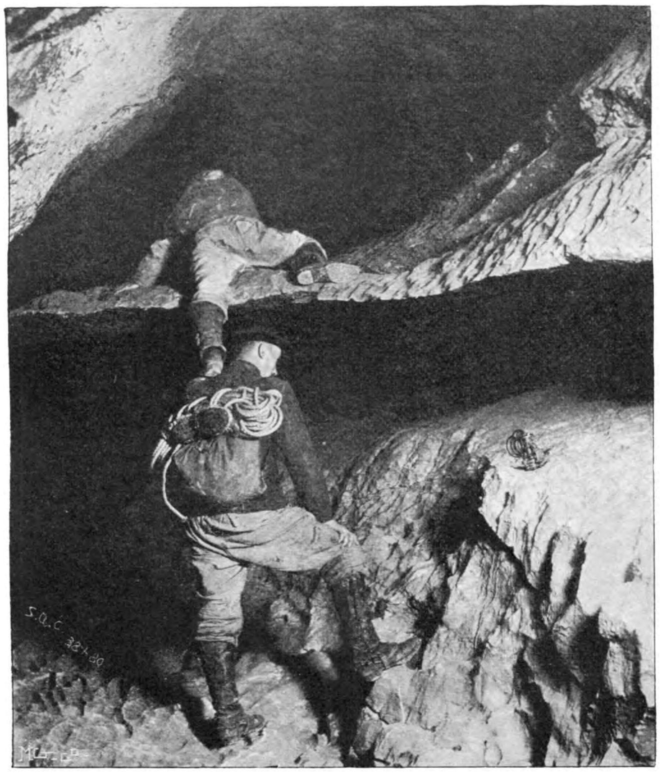


Fig. 10. — Lame rocheuse cupulée traversant la galerie principale supérieure (580 mètres de l'entrée).

(Extrait du *Jahrbuch des Schweizer Alpenclub*, édité par A. Francke, Berne.)

ce qui, actuellement, n'en rend pas l'accès plus facile, au contraire, parce qu'il peut suffire alors d'un faux pas pour être gratifié d'une douche peu agréable en pareille circonstance. Ajoutons ici qu'après une appropriation bien comprise de ce passage, la chute d'eau qui s'y trouve constituera un attrait de plus pour le touriste.

J'avais l'intention de continuer en mai 1904 la visite de la caverne jusqu'à sa salle terminale; mais c'était alors l'époque des crues et

l'exploration m'a été rendue impossible par suite de venues d'eau noyant plusieurs siphons.

Au delà de l'Alligatorenschlucht jusqu'à la salle terminale (Regenhalle), je me contenterai donc de résumer en quelques mots les renseignements qu'a bien voulu me donner M. Widmer sur cette partie de la caverne.

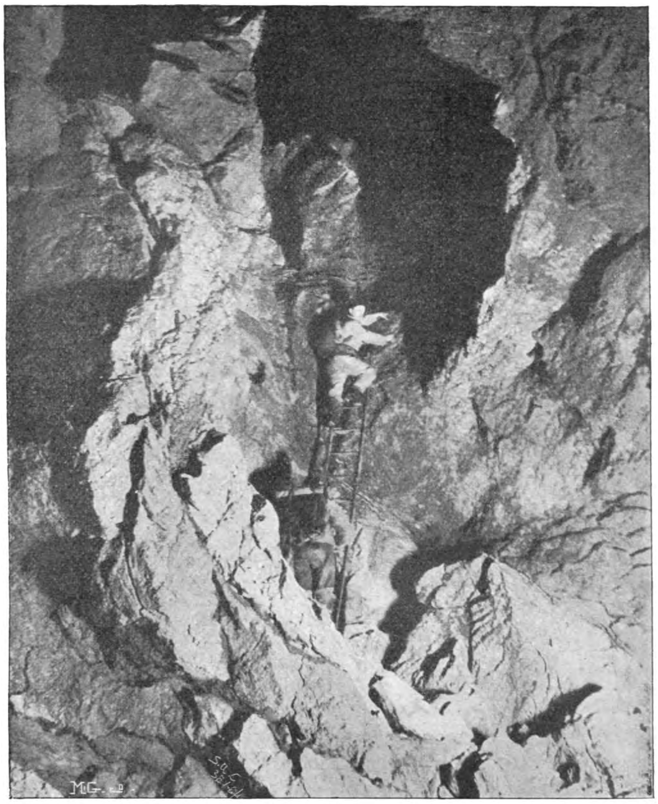


Fig. 11. — ALLIGATORENSCHLUCHT (1250 mètres de l'entrée).
(Extrait du *Jahrbuch des Schweizer Alpenclub*, édité par A. Francke, Berne.)

Il n'y a maintenant plus d'obstacles bien sérieux et la montée est sensiblement régulière jusqu'au fond de la grotte, du moins en suivant la galerie principale. Après avoir dépassé trois petits lacs alimentés par un ruisselet à débit variable et remonté une longue galerie traçant plusieurs zigzags, on atteint la salle des Géants (Riesenhalle).

Cette curieuse salle, dont le plancher n'est pas recouvert d'écroule-

ments, est longue de 150 mètres, large de 55 et, chose peu ordinaire, elle mesure à peu près régulièrement 3 mètres de hauteur; elle nous offre donc un superbe exemple de bancs complètement évidés par l'action des eaux. Ce n'est guère qu'à partir d'ici que l'on commence à rencontrer des concrétions calcaires, mais ces formations, relativement rares ou peu importantes dans les galeries actuellement connues du Höll-Loch, par rapport à d'autres cavernes, ne méritent pas que nous nous en occupions spécialement ici.

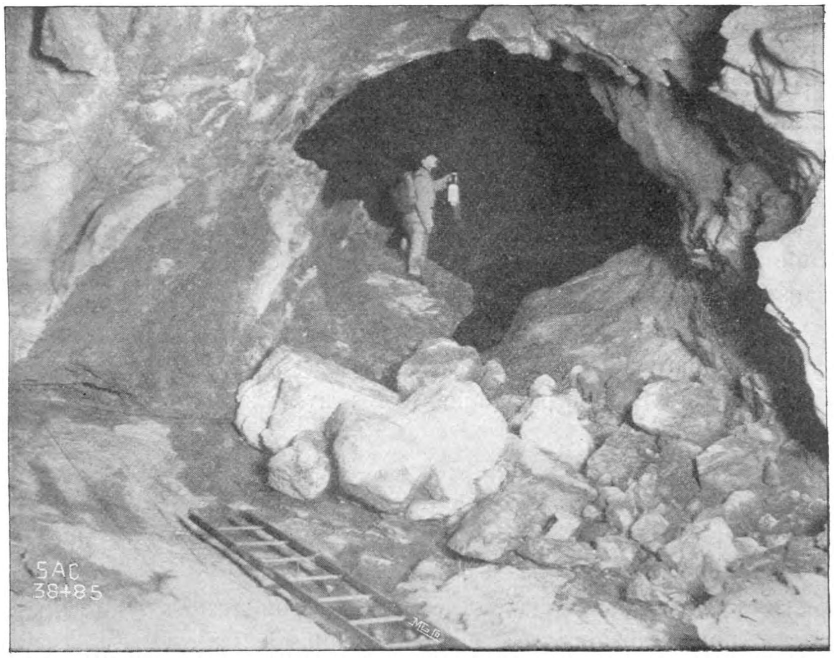


Fig. 12. — Galerie principale supérieure (1450 mètres de l'entrée).
(Extrait du *Jahrbuch des Schweizer Alpenclub,* édité par A. Francke, Berne.)

Tout récemment, M. Widmer et ses compagnons sont descendus dans l'abîme voisin de la galerie du Irrweg, laquelle se détache de la Riesenhalle (voir le plan de la grotte). Au fond de cet abîme, ils ont découvert une belle galerie qui descend constamment. La lumière commençant à manquer, les explorateurs n'ont pu s'y aventurer et reconnaître par là, peut-être, une section de la rivière souterraine.

Plus loin se montrent quelques écroulements, des couloirs tourmentés; puis on débouche dans la plus haute salle ou « Regenhalle », où se remarque encore une chute d'eau. Cette salle a 70 mètres de

longueur sur 50 mètres de largeur, et sa hauteur, parfois de 30 mètres, est inconnue à un certain endroit où la lumière de très fortes lampes à acétylène n'a pas permis de déceler la voûte. Il me paraît possible et même probable que cette salle, plus large dans sa partie inférieure, c'est-à-dire en forme de puits légèrement évasé à sa base, constituerait le fond d'un abîme dont l'ouverture, maintenant obstruée, pourrait cependant être encore en communication assez directe avec le plateau par de multiples points peu visibles, mais existant au fond d'un des nombreux effondrements du plateau recouvrant que j'ai exploré, exploration qui m'a donné cette conviction. Cet abîme pourrait alors avoir entre 400 et 500 mètres de profondeur.

Dans une galerie voisine (Krystallhöhle), M. Widmer a trouvé des amoncellements de cristaux de gypse, indice que les eaux d'infiltration ont rencontré des couches gypseuses sur leur parcours du plateau à la caverne.

Jusqu'à présent, des obstacles très peu franchissables — peut-être faute de matériel suffisant — n'ont pas permis de pousser l'exploration dans les galeries au delà de la Regenhalle.

A mon avis, c'est au voisinage de cette grande salle terminale que les plus remarquables découvertes sont encore à faire, découvertes qui feront du Höll-Loch la plus immense des cavernes de l'Europe.

Régime hydrologique du Höll-Loch.

Le régime hydrologique de cette grande caverne est des plus intéressants. Comme tant d'autres, ces galeries souterraines — longues, comme nous le disions précédemment, de plus de 9 kilomètres — sont, à certaines saisons, sujettes à des crues, mais ici l'amplitude, la rapidité et la violence de ces crues sont d'une intensité telle qu'elles doivent être rarement dépassées ou même égalées dans la plupart des grottes connues. C'est seulement, peut-on dire, pendant la période de la fonte des neiges que peuvent se produire ces grandes inondations intérieures, c'est-à-dire depuis la fin d'avril jusqu'au commencement de juin. Une fonte assez rapide, accompagnée ou suivie d'une copieuse précipitation pluviale, occasionne les plus fortes crues, telles que celles que j'ai pu observer deux fois en mai 1904.

Tout d'abord, nous allons examiner le plateau recouvrant, car c'est sa nature géologique et sa constitution spéciale qui donnent lieu à ces crues.

En gravissant les flancs de la montagne au sein de laquelle sont creusées les galeries du Höll-Loch, — entre les vallées de la Bisi et du Starzlen, — on arrive bientôt à une dépression à pente rapide qui descend du premier échelon du plateau, échelon dont l'altitude moyenne est d'environ 1 500 mètres. Cette dépression, qui, très vraisemblablement, était autrefois le lit d'un torrent dévalant des hauteurs et qui, maintenant, a disparu dans les profondeurs du sol, — disparition si générale dans les terrains calcaires, — est percée d'une infinité de trous ou de fissures de formes souvent irrégulières, mais parfois aussi circulaires (voir fig. 13), montrant partout la roche à nu et qui

Fig. 13. — Plateau recouvrant le Höll-Loch montrant partout la roche a nu.
(Cliché de l'auteur.)

absorbent complètement les eaux pluviales, même lorsque celles-ci sont torrentielles. Ce calcaire fissuré, corrodé, perforé, est connu sous le nom de « Karenfeller ».

Lorsqu'on traverse ces terrains, il faut regarder continuellement où placer les pieds, si l'on ne veut pas se blesser en tombant dans les fentes, parfois profondes de plusieurs mètres, dont le sol est entrecoupé. A partir du lieu dit Platsch (altitude 1480 mètres), le plateau présente un grand nombre de dépressions très étendues, au sein desquelles, tant au fond que sur les pentes, se remarquent une multitude de dépressions secondaires ou points d'absorption des eaux pluviales. J'en ai vu une quantité en activité.

Si l'on continue à gravir la montagne vers la Silbern-Alp, qui est absolument privée de végétation importante, ces grandes excavations

deviennent plus étendues et plus profondes. En résumé, on peut dire que les principaux points de perte des eaux se comptent par milliers. Ici, plus encore que dans la dépression signalée ci-dessous, les eaux pluviales sont entièrement bues par le calcaire extraordinairement fissuré. De plus, le même massif possède une série de petits lacs sans écoulements, qui jouent peut-être aussi un rôle dans l'alimentation du cours d'eau souterrain. Que se produit-il alors pendant l'époque de la fonte

Fig. 14. — Plateau recouvrant le Höll-Loch.
Ouverture d'un petit abime obstrué par la neige.
(Cliché de l'auteur.)

des neiges, formant sur ce plateau des couches de plusieurs mètres d'épaisseur? Un volume d'eau très considérable est alors continuellement et totalement absorbé par les nombreux trous du plateau et disparaît dans les profondeurs du sol. Ces eaux vont retrouver et, par conséquent, gonfler la rivière souterraine permanente qui circule à une altitude de 100 mètres (en moyenne) inférieure à la partie principale du Höll-Loch, ainsi que nous le disions plus haut.

La constitution de ce plateau explique donc bien clairement les importantes crues qui se produisent dans ce sous-sol.

La première des deux crues internes, d'une amplitude dépassant 100 mètres, que j'ai pu observer dans le Höll-Loch, s'est produite le 19 mai. La veille de ce jour, depuis vingt et une heures, d'abondantes averses étaient tombées à la suite d'une période chaude et avec ciel découvert, par conséquent très favorable à la fonte rapide des neiges.

Le Höllbach, ou déversoir du trop-plein des eaux souterraines, débi-

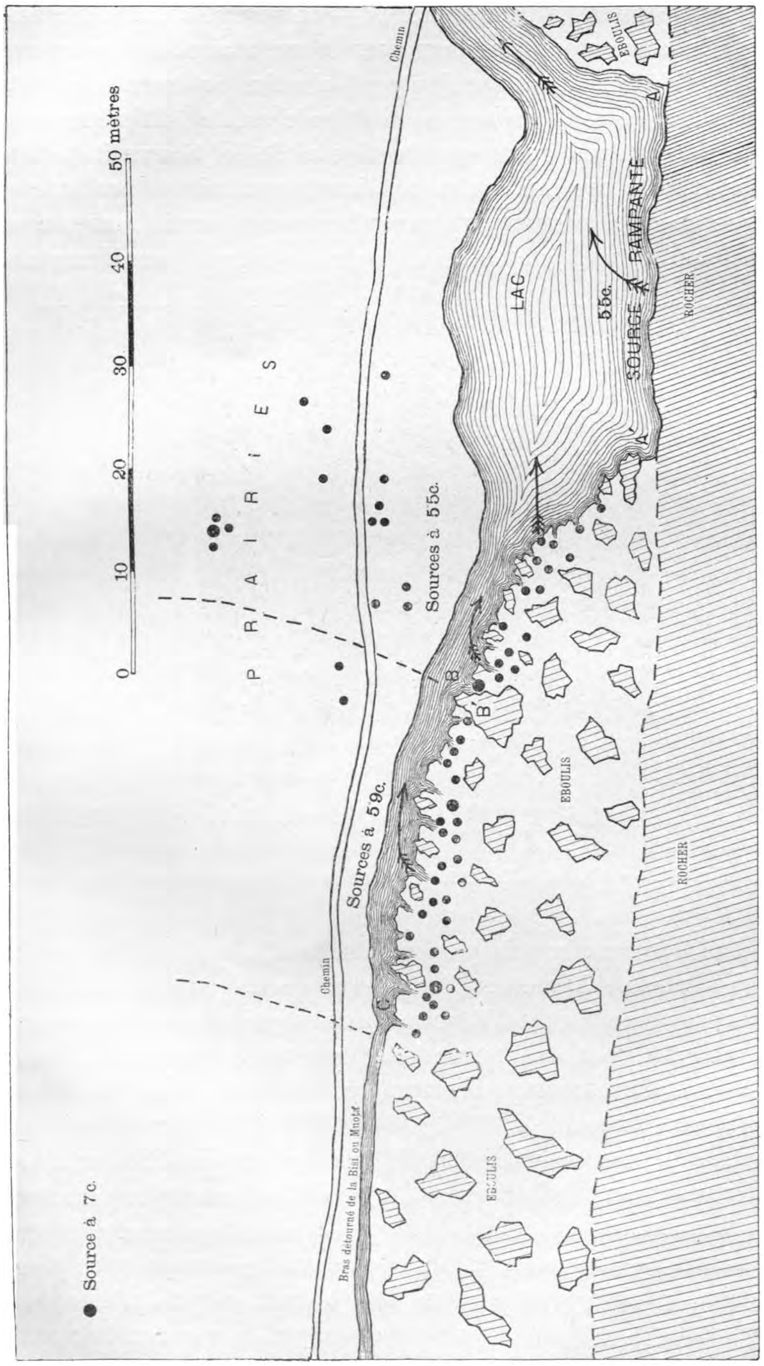


Fig. 15. — Plan de la Source-Rampante et des sources voisines, a la suite d'une crue de la rivière souterraine du Höll-Loch. (Dessin de l'auteur.)

tait alors — constaté le 19, à 9 heures — un volume d'eau très considérable. Ces eaux, alors très limoneuses et qui avaient la température de 4°2 C., s'échappaient par l'entrée ordinaire ou inférieure de la galerie principale de la grotte, dont l'altitude est de 740 mètres, soit plus de 100 mètres au-dessus du niveau de la Source-Rampante (voir fig. 2). De ce point, la masse liquide tombait en bruyante et écumeuse cascade, pour venir s'engouffrer sous l'arcade rocheuse ou sorte de pont naturel jeté au-dessus du ravin signalé précédemment,

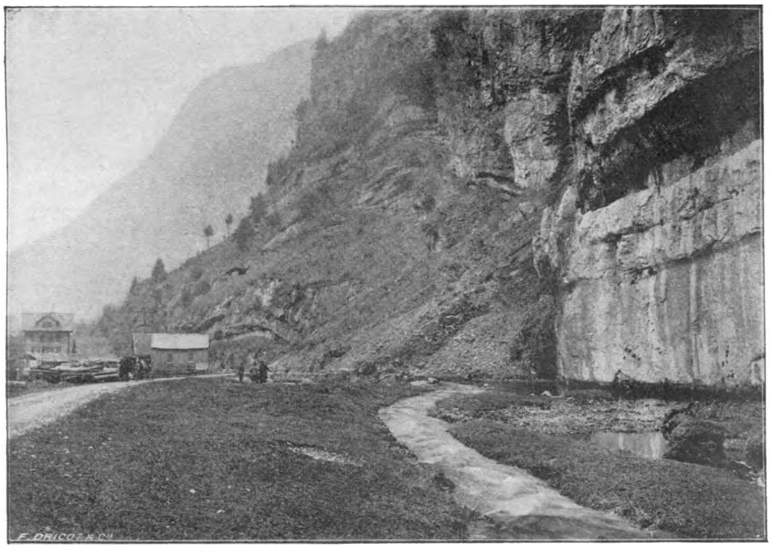


Fig. 16. — La Source-Rampante aux basses eaux, mars 1904.
(Cliché de l'auteur.)

et, au delà, les eaux se précipitaient d'un seul bond dans un gouffre profond de plus de 20 mètres. Par de nombreuses cascades, interrompues par quelques lagunes, l'énorme masse liquide venait finalement se mêler à celle, tout aussi torrentielle, du Starzlen, dont elle égalait alors le débit. Cette constatation ayant été faite, j'ai observé le même jour la Source-Rampante.

Avant de décrire ce qui se passait alors à la Source-Rampante, ou déversoir permanent de la rivière dans la Bisithal, nous allons montrer la complication, la multiplicité des venues d'eau de ce côté et leur indépendance, — du moins en période de crue, — ce qui nous prouvera qu'ici, comme dans le ravin du Höllbach, il y a également un réseau de canaux, et non pas un canal unique, ainsi qu'on le croyait précédemment.

Parmi ces multiples conduits, disposés tous à la base de la muraille calcaire, — tandis qu'au Höllbach ils étaient étagés sur une très forte pente de 90 mètres de dénivellation, — deux sont infiniment plus notables, et, fait curieux, ceux-ci se touchent presque à leur sortie.

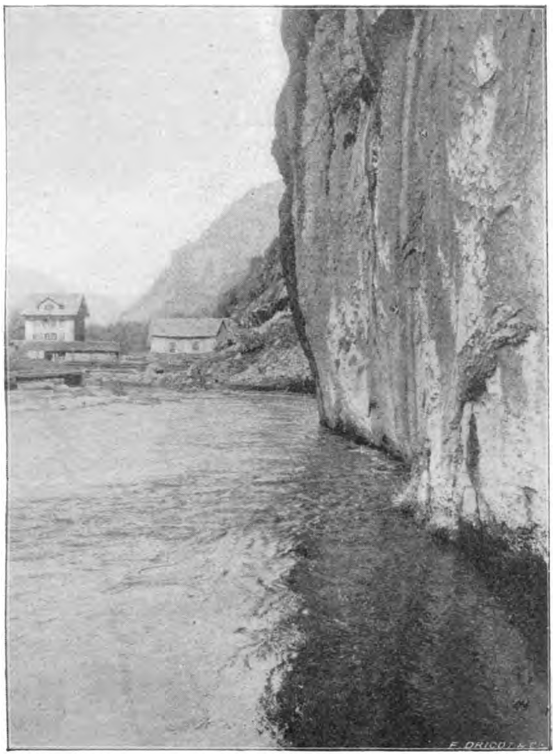


Fig. 17. — La Source-Rampante aux hautes eaux, mai 1904.
(Cliché de l'auteur.)

Le 16 mai 1904, j'ai pris la température de toutes les résurgences qui se remarquaient alors aux environs du lac formé par la Source-Rampante (voir le plan des sources fig. 15). Le lac avait, contre la paroi rocheuse (de A à A′) 5°5 C., et les multiples émergences, visibles à la base de l'éboulis (de A′ à B), étaient toutes exactement à la même température de 5°5 C.

Immédiatement de l'autre côté du petit rocher écroulé B, c'est-à-dire à environ 3 mètres de la dernière source comprise dans le groupe précédent, je constatai 5°9 C., et cette température a été notée pour tous les points compris entre B et C. Je n'ai représenté sur le plan

(fig. 15) de ces sources que les principales venues d'eau, soit une cinquantaine; le premier groupe s'allongeant sur une distance de 100 mètres, et le deuxième groupe sur 35 mètres environ. Dans les prairies, en face du lac et jusqu'à une trentaine de mètres de distance, il y avait aussi des points d'émergence de 5°5 C. faisant partie du premier groupe de sources, et de 5°9 C., c'est-à-dire du deuxième groupe.

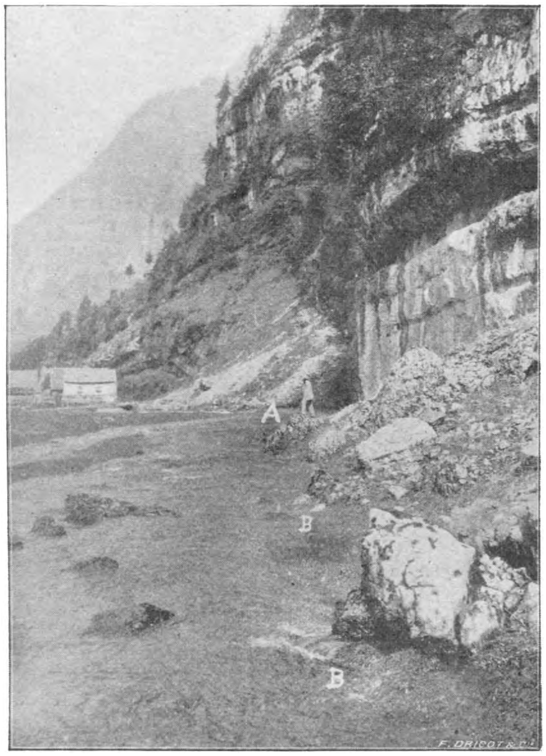


Fig. 18.
(Cliché de l'auteur.)

A Source-Rampante, ou bras principal permanent de la rivière souterraine.
B B Venues d'eau alimentées par le bras secondaire non permanent de la rivière souterraine.

Ma conclusion était alors qu'on se trouvait ici en présence de deux bras indépendants de la rivière souterraine, d'inégal débit et probablement d'inégale longueur, dont les résurgences avaient lieu l'une contre l'autre. Mes expériences à la fluorescéine n'ont fait que confirmer cette manière de voir.

En plus de ces nombreuses sources, il y avait encore deux autres résur-

gences indépendantes des premières : l'une se trouvait à 100 mètres en amont du lac de la Source-Rampante et avait alors une température de 7° C.; l'autre se remarquait à 300 mètres en aval du lac, et la température de ses principaux points d'émergence était de 6°5 C.

En temps ordinaire, les eaux sourdent seulement à la base de la paroi rocheuse plongeant dans le lac; c'est ainsi que je l'ai vu la première fois en mars 1904 (période sèche).

Revenons maintenant à ce qui se passait à la Source-Rampante lors de la première crue du 19 mai. Les eaux assez troubles, mais moins cependant que celles du Höllbach, et qui s'échappaient alors par le siphon de la Source-Rampante, avaient un énorme débit, qu'il m'a été impossible d'évaluer. Des multiples points d'émergence qui s'alignaient au pied de l'éboulis d'amont, accumulé contre la fausse source (voir le croquis ci-contre), des jets liquides infiniment plus nombreux et incomparablement plus puissants que les jours précédents, indiquaient, à toute évidence, l'énorme pression (10 atmosphères) subie par les eaux internes. Sur une assez grande étendue, le gazon des prairies d'en face était véritablement soulevé par de petites nappes liquides sous pression, et il suffisait alors d'y enfoncer une canne pour donner naissance en ce point à un jet d'eau. Au lieu de 5°5 C. constatés précédemment à la Source-Rampante, et 5°9 C. au deuxième groupe des sources d'amont, j'ai noté alors 5° C. à la Source-Rampante et 5°4 C. au deuxième groupe des sources, soit un refroidissement général de 0°5 C., abaissement de température dû aux eaux de la fonte des neiges. Nous avons donc ici un indice de la grande vitesse du cours souterrain en temps de crue.

Cette première observation d'une violente crue dans le Höll-Loch m'a indiqué qu'elle peut se produire en moins de douze heures après la chute de fortes pluies (à l'époque de la fonte des neiges) sur le plateau recouvrant la caverne.

La deuxième inondation a eu lieu le 23 mai, soit quatre jours après la première. Ce jour, je note que depuis 6 heures il commence à pleuvoir, et cela sans interruption jusqu'au milieu de l'après-midi. Entre 9 et 10 heures, il tombe un véritable torrent d'eau, torrent qui devait évidemment produire une forte crue dans la caverne. Le matin, M. Widmer s'était rendu au Höll-Loch, après avoir remarqué, en passant, que le Höllbach avait un débit très faible et que ses eaux étaient transparentes. Dans la caverne, il constate, comme j'en étais certain, que le premier siphon était encore noyé, mais que les eaux baissaient avec une vitesse de 9 centimètres par minute. Jusqu'à 11 heures 30, moment

où il quitte la caverne, la baisse est ininterrompue. Le même jour, je me rends à la caverne vers 17 heures, et je remarque alors que, selon mes prévisions, le débit du Höllbach est énorme, et que ses eaux, fortement troublées, sortent de nouveau par l'entrée de la grotte, mais en plus grande abondance encore que lors de la première crue.

Considérant que ce sont surtout les pluies torrentielles tombées entre 9 et 10 heures qui ont occasionné la crue interne, et admettant que l'inondation complète ait eu lieu assez approximativement entre 15 et 16 heures, on peut conclure que des crues violentes sont à même de se produire ici en moins de sept heures, après de fortes chutes pluviales. A l'époque du dégel, beaucoup de galeries sont alors remplies jusqu'à la voûte.

La température des eaux était de 4°8 C., ou plus élevée de 0°6 C. qu'à la première inondation. La raison de ce réchauffement est bien simple, la première inondation étant occasionnée en très grande partie par la fonte des neiges, et la deuxième inondation étant due principalement à une pluie torrentielle tombant sur la neige (7 centimètres d'eau étaient tombés ce jour).

Expériences à la fluorescéine.

Ces expériences avaient pour but non seulement de prouver les relations qui devaient exister entre la caverne et les deux résurgences, le Höllbach et la Source-Rampante, mais aussi de se rendre compte de la vitesse des eaux souterraines. Par conséquent, il devenait possible alors de déduire des probabilités assez sérieuses sur l'importance plus ou moins grande des obstacles pouvant être échelonnés sur le trajet de la rivière à ciel couvert.

Ainsi que cela avait été convenu la veille, M. Widmer, accompagné d'un aide, descendit dans l'abîme du Kreusweg le 18 mai. La matière colorante (1 kilogramme de fluorescéine) fut versée dans la cascade souterraine inférieure à 12h40. De mon côté, je m'installai dès 9 heures à la Source-Rampante en vue de faire tout d'abord les observations préliminaires avant l'arrivée de la fluorescéine : prise des températures et des échantillons d'eau, etc.

Ces constatations finies, je restai en permanence devant la résurgence, tout en étant persuadé que rien ne se produirait avant le soir ou la nuit. Je m'apprêtais à recueillir un deuxième échantillon d'eau quand, brusquement, — et à mon très grand étonnement, — la matière colorante apparut avec intensité à 13h25, non seulement dans le bassin

même de la Source-Rampante, mais aussi et exactement en même temps aux petites sources d'amont ayant une température identique à celle de la Source-Rampante, soit 5°5 C.

Mes constatations précédentes se justifiaient donc lorsque je disais à mon compagnon (M. Widmer) que les petites sources d'amont provenaient de deux bras souterrains indépendants, tout au moins sur leur trajet d'aval. En effet, les sources de température 5°8 C. (voir le croquis), c'est-à-dire celles formant le deuxième groupe d'amont, n'ont été colorées que plus tard, à 14 heures, soit trente-cinq minutes après l'apparition de la fluorescéine à la Source-Rampante.

A vol d'oiseau, la distance entre la cascade où fut jetée la fluorescéine et la Source-Rampante est d'environ 500 mètres, et pour cette distance plus longue, en réalité, en raison des détours dans le sous-sol, il n'a fallu aux eaux que quarante-cinq minutes pour effectuer ce trajet. Cette vitesse souterraine n'a jamais été égalée en Belgique, et, d'après M. E.-A. Martel, elle n'aurait été dépassée qu'une ou deux fois jusqu'à présent, notamment à Bramabiau (en France).

Dès 14 heures, moment de l'apparition de la matière colorante aux sources d'amont, je constate une forte diminution dans l'intensité de la teinte verte. A 14^{h}15, la diminution s'accentue vivement; à 14^{h}30, seules les sources de la prairie d'en face sont encore faiblement colorées (vues au fluoroscope), et à 14^{h}50, toute trace de fluorescéine a disparu partout.

La matière colorante étant donc apparue quarante-cinq minutes après avoir été jetée dans la cascade du Kreusweg et ayant été complètement éliminée à la Source-Rampante une heure vingt-cinq minutes après son apparition (constaté au fluoroscope), la durée totale du passage de la coloration n'a donc été, à la sortie, que de deux heures dix minutes.

Cette courte durée nous offre un bien utile exemple de la nécessité absolue qu'il y a de faire des observations *très fréquentes* aux résurgences lorsqu'on colore des pertes de rivières, contrairement à ce qui se pratique encore trop souvent de nos jours.

En effet, si je m'étais rendu à la Source-Rampante trois ou quatre heures après le jet de la fluorescéine, je n'aurais rien vu et, par conséquent, j'aurais pu tirer de cette expérience des conclusions absolument erronées.

A la suite de cette expérience, les eaux de la Muota, étant alors vivement colorées par la fluorescéine sur plusieurs kilomètres de longueur, devaient attirer l'attention des habitants du pays, pour qui cet aspect inusité de la rivière paraissait tenir du prodige.

On m'a raconté notamment que, à la vue de cette rivière teintée d'un beau vert émeraude, des montagnards avaient immédiatement abandonné leurs travaux et, munis de récipients de toute espèce, étaient descendus en courant vers la rivière afin de conserver de cette eau à eux inconnue. Il paraît que l'un de ces habitants s'est proposé d'envoyer le curieux produit à un musée voisin; d'autres indigènes se sont contentés de le conserver précieusement comme une sorte de relique destinée, sans doute, à guérir de tous les maux.

Une deuxième expérience a été faite, aux mêmes points que précédemment, lors de la deuxième grande inondation (moment des plus hautes eaux); mais, n'ayant pu sortir assez rapidement de la caverne, retenu là par le curieux phénomène de l'oscillation de l'aiguille de mon baromètre, dont je parlerai tantôt, je n'ai pu que noter la disparition de toute trace de matière colorante une heure quarante-cinq minutes après le jet dans l'abîme du Kreusweg. La rapidité de propagation a donc été plus grande encore que lors de la première expérience.

D'après ces données, nous pouvons avoir la conviction que la section de la rivière souterraine comprise entre le fond de l'abîme du Kreusweg et la Source-Rampante (même niveau) n'offre pas de très notables expansions d'eau (prouvé par l'élimination rapide de la fluorescéine) et que ce trajet ne doit pas être coupé par de nombreux ou de notables obstacles au passage des eaux, sinon la matière colorante ne serait pas apparue si rapidement et n'aurait pas été éliminée en si peu de temps.

Conclusion. — En faisant une percée à la base de la roche surplombant la Source-Rampante, on aurait probablement grande chance de découvrir une notable section de la rivière souterraine (le bras principal).

Aux basses eaux, le niveau entre le fond de l'abîme du Kreusweg et la Source-Rampante, distants de 500 mètres à vol d'oiseau, étant à peu près le même, ainsi que nous le disions précédemment, on ne rencontrerait très probablement pas sur ce trajet des rapides pouvant entraver la navigation.

Le sondage minutieux que j'ai pratiqué tout le long de la paroi rocheuse — à l'aide d'un radeau construit à cet effet — m'a montré que l'endroit précis où cette percée pourrait se faire avec le plus de chances de succès se trouve juste au centre et à la base de la roche surplombante. En ce point, le siphon qui livre passage aux eaux dans la vallée de la Muota s'abaisse beaucoup moins que partout ailleurs, et c'est là aussi que la profondeur du lac est plus grande; par conséquent,

ce serait l'endroit le plus favorable pour découvrir le cours de la rivière souterraine.

D'après ce que l'on connaît actuellement du Höll-Loch, il n'y a pas de communications faciles et pratiques entre les galeries principales supérieures et celles creusées à 100 mètres en dessous, là où circule la rivière souterraine. La seule voie d'accès, l'abîme du Kreusweg (qui n'offre qu'un intérêt purement scientifique, ainsi que nous l'avons dit plus haut), profond de près de 120 mètres et qui n'est formé que d'étroites fissures, de galeries en spirale à très forte pente, n'est seulement explorable que pour les spéléologues déterminés, et encore au prix de grandes difficultés.

De plus, pendant la fonte des neiges, cet abîme livre passage à ces importantes cascades dont j'ai parlé précédemment et qui constituent une force mécanique capable d'arracher et de détruire instantanément tout obstacle à son passage, ainsi que j'ai pu m'en convaincre lorsque j'entendais le bruit sourd de la cataracte souterraine, accompagné par le roulement saccadé de quartiers de roc entraînés par les flots tumultueux de la puissante masse d'eau.

Le Höllbach, ou déversoir du trop-plein des eaux souterraines.

Lorsque la rivière souterraine est en crue, les galeries inférieures ou voies ordinaires occupées par elle s'emplissent jusqu'à la voûte. Ces galeries ne peuvent plus suffire alors à l'échappement de l'énorme masse liquide introduite dans le sous-sol par le réseau des multiples conduits venant du plateau recouvrant, plateau décrit précédemment et qui peut être comparé à la surface d'une éponge. Que se produit-il alors? Les eaux montent assez rapidement dans les abîmes (il y en a plusieurs) qui relient les galeries inférieures aux galeries de la grotte supérieure et finissent par inonder ces dernières galeries. Ces abîmes sont les anciennes voies par lesquelles la rivière souterraine — qui primitivement occupait seulement les galeries supérieures — s'est creusé de nouvelles voies inférieures à la première, voies qui servent donc maintenant à l'échappement du trop-plein des eaux de la rivière du sous-sol, alors sous pression dans les bas-conduits.

De la fluorescéine versée au premier siphon de la galerie supérieure m'a montré qu'en quelques minutes cette substance colorait les eaux torrentielles du Höllbach. Cette expérience m'a donc prouvé que le Höllbach constitue bien le déversoir temporaire ou de crues de la rivière du Höll-Loch.

Le Höllbach, ainsi que nous le disions précédemment, fonctionne d'une façon progressive et assez régulière de bas en haut; c'est-à-dire que les eaux commencent d'abord à sourdre tout près du Starzlen, soit à l'altitude d'environ 650 mètres, pour gagner peu à peu — mais aux grandes inondations seulement — l'entrée des galeries supérieures ou l'altitude de 740 mètres.

Entre 650 et 740 mètres d'altitude — dénivellation qui constitue donc la pente très forte du lit du Höllbach, long de quelques centaines de mètres seulement — existent une multitude de résurgences à débit très variable, qui, d'après la hauteur de leurs points en action, peuvent permettre de juger assez approximativement de l'importance de la crue interne, sans devoir pour cela pénétrer dans la caverne.

Si à la montée les eaux sont sensiblement en équilibre de niveau dans les galeries supérieures de la grotte et au Höllbach, il n'en est pas de même à la décroissance de la crue, qui est plus rapide dans le Höllbach que dans l'intérieur de la caverne.

C'est ainsi que le premier siphon (altitude de 680 mètres) peut rester noyé assez longtemps après que le Höllbach a cessé de couler à l'altitude de 650 à 660 mètres, soit de ses points les plus bas.

Le siphon du Sandhaufen, situé à 600 mètres de l'entrée de la caverne, peut être noyé pendant plus longtemps encore; j'ai pu m'assurer *de visu* que huit jours après une grande crue ce siphon était encore noyé par 15 mètres d'eau. Cinq ou six jours après cette constatation, M. Widmer, voulant alors de nouveau explorer le Höll-Loch, fut encore arrêté par les eaux qui remplissaient ce siphon. Il y a donc deux ou trois points bas dans la galerie supérieure (siphons) qui, à la suite de circonstances spéciales, mais assez rares, peuvent conserver assez longtemps les eaux, faute de voies d'écoulement suffisantes vers les galeries inférieures. L'inondation de ces siphons se produit parfois — mais assez rarement — pour d'autres causes, qui actuellement nous échappent complètement.

Avant d'aborder l'étude des marmites de cette caverne, il me reste à signaler quelques observations montrant bien nettement la rapidité des crues. Pendant plusieurs jours consécutifs, j'ai eu l'occasion de remarquer de petites crues dues à la fonte des neiges.

L'observation de ces petites crues produites à la suite de belles et chaudes journées ensoleillées, par un ciel absolument sans nuages, occasionnées donc uniquement par les rayons solaires, n'a pas manqué d'intérêt parce qu'elle m'a montré d'une façon bien claire et bien nette,

non seulement la pénétration rapide des eaux dans le plateau calcaire fissuré, crevassé, corrodé, que j'ai décrit précédemment, mais aussi la vitesse de propagation de ces eaux depuis leurs points d'origine jusqu'aux résurgences (Höllbach et Source-Rampante).

Chaque matin, à la suite de ces journées ensoleillées, le Höllbach ou déversoir des crues débitait un volume d'eau assez considérable. Au milieu de la journée, ce débit diminuait progressivement, et vers 13 à 14 heures, le Höllbach ne coulait à peu près plus. Ce phénomène alternatif de hausse et de baisse des eaux, qui s'est produit ainsi très régulièrement pendant plusieurs jours, montre à toute évidence qu'en peu d'heures les résurgences alimentées par les neiges fondantes du plateau supérieur recouvrant la caverne entrent en activité, ce qui indique incontestablement une propagation extrêmement rapide.

Les marmites du Höll-Loch.

L'action mécanique des eaux tourbillonnantes, si bien mise en lumière par M. J. Brunhes, le savant géologue suisse (1), qui a étudié ce phénomène notamment dans son pays et dans la vallée du Nil, se montre avec une si remarquable netteté dans la caverne du Höll-Loch qu'il me paraît utile d'en dire quelques mots.

Dans les vallons secondaires de la Muota, comme dans les gorges étroites et profondes de la vallée même, le phénomène du creusement des roches par les eaux tourbillonnantes est fréquemment visible; cela nous offre ici un exemple bien frappant, démontrant la similitude qui existe entre cette action des eaux à l'air libre, c'est-à-dire celle qui se manifeste pendant la période d'approfondissement des vallées, et la même action qui se trouve si admirablement représentée dans les galeries souterraines de la grande caverne qui nous occupe.

Afin de bien montrer que ces actions mécaniques, d'apparences lentes, peuvent parfois contribuer largement à l'agrandissement des galeries souterraines comme à l'approfondissement des vallées, je crois bon de rappeler ici un curieux exemple de creusement rapide opéré par les eaux tourbillonnantes dans la mollasse et qui a été signalé au barrage de Maigrauge (Fribourg) par M. J. Brunhes. Là, une des marmites, profonde de 3 mètres et large de 1 mètre, a été façonnée par les eaux en dix-huit ans.

---

(1) J. Brunhes, *Le travail des eaux courantes : la tactique des tourbillons* (Mémoires de la Société fribourgeoise des Sciences naturelles, 1902, fasc. 4.)

Dans le Höll-Loch, nous pourrons constater non seulement de superbes et caractéristiques exemples de cette action tourbillonnante, mais aussi les stades successifs dans la formation des marmites. Nous verrons également en place les matériaux, débris de roches arrachés par le courant et arrondis par usure, qui, en suspension dans l'eau, ont creusé ces cuves.

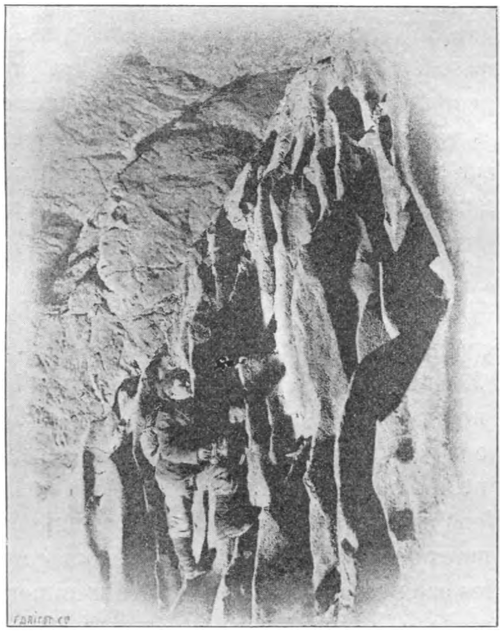


Fig. 19. — Paroi de la salle des Dolomites montrant des vestiges de marmites tubulées.
(Photographie de Wehrli, de Zürich.)

Les marmites, qui se montrent en si grand nombre dans la caverne, ne se rencontrent cependant pas dans toutes les galeries. On s'explique aisément la raison de cette localisation, de même que la variation des formes qu'elles offrent. En effet, pour donner lieu à des tourbillons, il faut un courant assez rapide ; sur les pentes à peu près nulles, nous ne remarquerons donc que peu ou point de marmites; sur les pentes douces ou moyennes, ce sera la cuve sphérique qui dominera; enfin, sur les fortes pentes, là où le courant se transforme presque en chute, le tourbillonnement agira surtout dans le sens vertical, de haut en bas, et le creusement, se produisant alors en profondeur, donnera lieu aux marmites tubulées. Les vestiges de ce dernier type de marmite sont

représentés dans la salle des Dolomites (voir la fig. 19) et sur les parois de la Böse Wand, muraille rocheuse décrite précédemment.

La figure 20, que M. J. Brunhes a bien voulu me communiquer, nous montre qu'à l'air libre le creusement de puits verticaux ou à peu près, peut être produit par l'action tourbillonnante des eaux, comme nous le voyons dans les galeries souterraines du Höll-Loch.

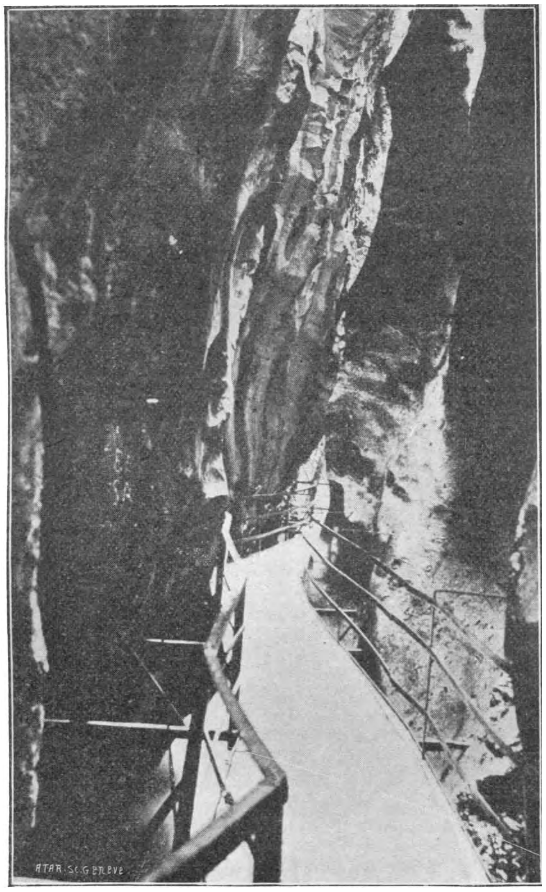


Fig. 20. — Gorge actuelle de l'Aar, défilé dit « Grosse Enge », montrant au fond un puits vertical creusé par les eaux tourbillonnantes.

(Cliché de M. J. Brunhes, de Fribourg.)

Il est bon de dire ici que rien ne prouve qu'aux endroits où l'on ne remarque pas de marmite il ne s'en trouvait pas précédemment, lorsque les conditions nécessaires à leur creusement pouvaient être

réalisées. Comme le fait très bien remarquer M. Brunhes dans son excellente étude de ces phénomènes mécaniques des eaux, les tourbillons sont éphémères et très variables : tantôt ils se produisent à un endroit déterminé, tantôt à un autre, suivant des causes multiples; ce qui fait que l'on constate parfois de ces excavations, encore en voie de formation, qui ont été abandonnées par les eaux ou, autrement dit, qui sont restées inachevées.

Un simple examen des figures 21, 22 et 23, communiquées par M. J. Brunhes, suffira pour démontrer la grande similitude qui existe entre le mode de creusement par les eaux tourbillonnantes à l'air libre et celui de cette même action qui est si remarquablement représentée dans les galeries souterraines du Höll-Loch.

Le Höll-Loch, dont les galeries supérieures sont véritablement parsemées de marmites, est, je pense, au point de vue du creusement par les eaux tourbillonnantes à ciel couvert, l'exemple le plus remarquable de ce genre d'action mécanique, et cet exemple ne fait que confirmer l'opinion de M. Brunhes sur le mode opératoire de cette force.

L'îlot des Marmites à la cataracte d'Assouan.

(Les trois clichés qui suivent sont de M. J. Brunhes.)

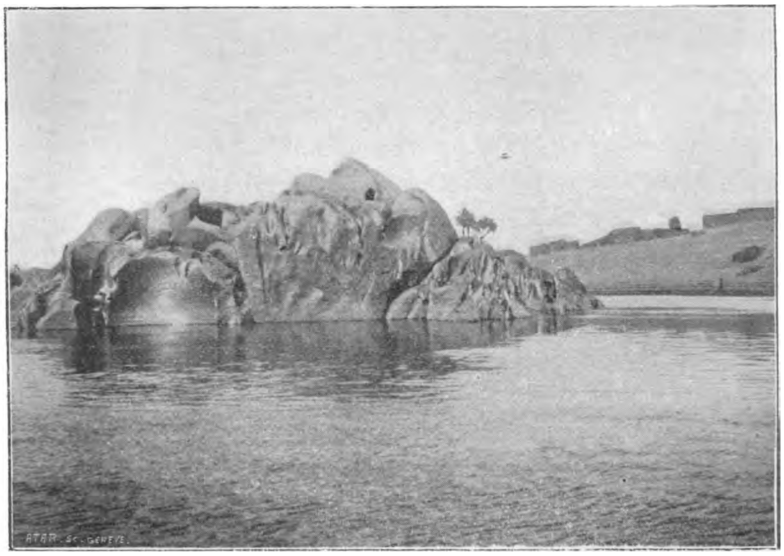


Fig. 21. — L'îlot des Marmites vu du Sud.

Hauteur : 8 mètres au-dessus du niveau des eaux au moment de la prise de la photographie.

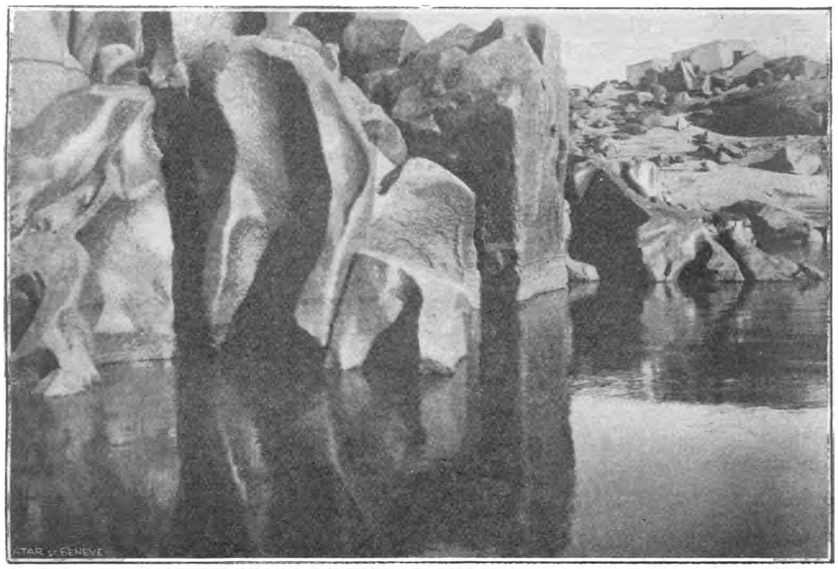


Fig. 22. — Portion de la partie orientale de l'ilot des Marmites.
Hauteur approximative de la partie photographiée : 3m50.

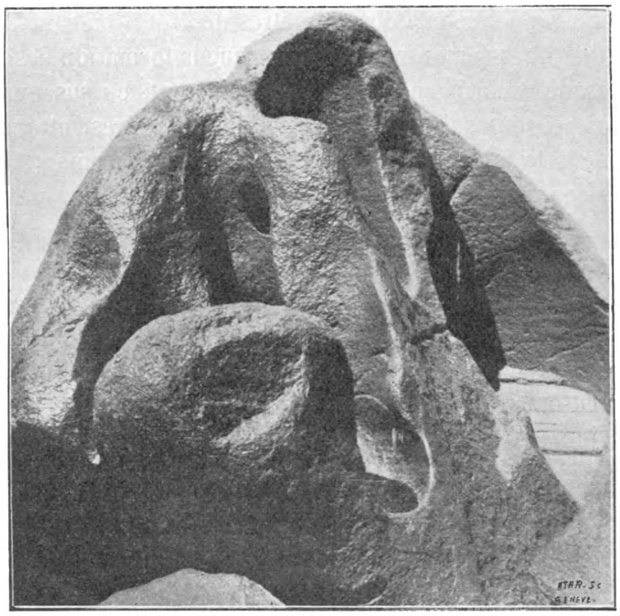


Fig. 23. — Le point culminant de l'ilot des Marmites.
Hauteur approximative de la partie photographiée : 2 mètres.

Ainsi que nous l'avons vu précédemment, les galeries supérieures de la caverne ne sont que très exceptionnellement occupées par les eaux souterraines, et seulement pendant les périodes de grandes crues. Les tourbillons n'entrent donc plus ici que très rarement en action; mais c'est précisément à cause de cela surtout que le phénomène présente un réel intérêt. Ces crues temporaires, entretenant seulement les marmites sans les agrandir guère davantage, laissent voir, on ne peut mieux, la tactique de cette force mécanique. Je crois donc pouvoir considérer cette grotte comme un type classique de creusement par les eaux tourbillonnantes. Loin de moi la pensée d'attribuer exclusivement la formation du Höll-Loch à cette seule action, qui ici semble seulement avoir été dominante et plus visible que partout ailleurs; d'autres facteurs mécaniques ou chimiques bien connus ont également été en jeu au cours des temps. Les conditions exceptionnelles de pente des galeries, le peu de fissuration des roches, et comme conséquence la rareté des écroulements, l'absence des dépôts calcaires ou limoneux sur le plancher de la caverne sont les principales causes de grande visibilité de ces marmites, comme elles constituent un terrain très favorable à leur formation. Ces cuves, qui se rencontrent par milliers dans le Höll-Loch, ont des dimensions très variables, depuis quelques centimètres à peine jusqu'à des diamètres de 4 et 5 mètres.

M. Brunhes nous démontre clairement que la formation des marmites est due presque exclusivement aux petits éléments en suspension dans l'eau ou qui peuvent suivre les mouvements giratoires, et que les gros éléments ne servent souvent qu'à retarder le creusement, si même ils ne parviennent à l'interrompre complètement. Je ne puis que partager entièrement cette manière de voir et l'appliquer point par point aux marmites des galeries souterraines du Höll-Loch. La similitude entre l'action tourbillonnante des eaux à l'air libre et celle qui se manifeste à ciel couvert montre, une fois de plus, la grande analogie qui peut exister entre le mode d'approfondissement des vallées et le mode de creusement des cavernes.

De nos jours, la première moitié du Höll-Loch seule renferme d'innombrables marmites creusées dans son plancher, pour la raison indiquée plus haut, c'est-à-dire parce que cette partie de la grotte est la plus mouvementée et que, par conséquent, le courant y était ou peut y être encore assez puissant pour déterminer l'action tourbillonnante.

La deuxième moitié de la grotte supérieure, celle qui s'étend de la partie supérieure de l'Alligatorenschlucht à la grande salle terminale et qui est formée de galeries à pentes relativement douces, ne se présente,

en effet, pas favorablement pour donner lieu au creusement de cuves de quelque importance. Partout dans la partie antérieure de la caverne, la roche est à nu ; à aucun endroit, sauf aux parties tout à fait inférieures des grands siphons, on ne remarque des dépôts limoneux amenés par les eaux, comme cela se constate si fréquemment dans presque toutes les grottes. Pourquoi ? Parce que le régime torrentiel a toujours dominé dans ces galeries souterraines; conséquemment, les matières en suspension dans l'eau n'ont pas eu le temps de se déposer.

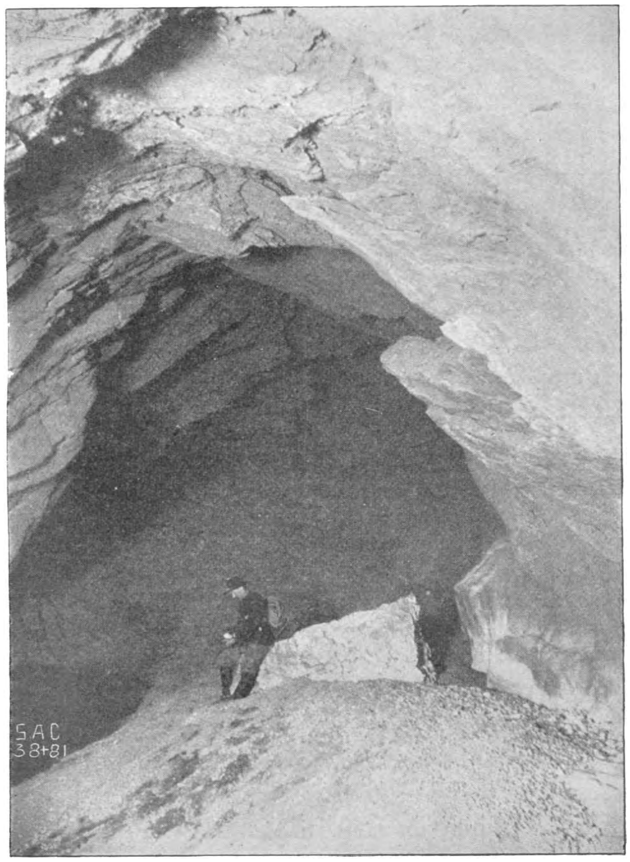


Fig. 24. — SANDHAUFEN (700 mètres de l'entrée).
(Extrait du *Jahrbuch des Schweizer Alpenclub*, édité par A. Francke, Berne.)

Deux pentes à forte inclinaison sont seulement recouvertes, de façon notable, par de fins graviers ou de moyens cailloux roulés, apportés là par la rivière souterraine. Il est à remarquer que ces menus débris

rocheux sont répandus à la base de deux fortes pentes, remontées par le courant, au premier siphon et au Sandhaufen (voir la coupe), c'est-à-dire à des endroits où ces graviers, entraînés par les eaux, ont pu se déposer. Ces graviers, parfois d'une ténuité approchant celle des grains de sable, ont été usés et arrondis dans les marmites d'amont par l'action tourbillonnante des eaux; ce qui le prouve à l'évidence, c'est que ces mêmes éléments se retrouvent dans le fond de la grande majorité des marmites, si extraordinairement nombreuses dans la caverne, ainsi que nous le disions plus haut. Le courant souterrain ayant de tout temps été très variable en intensité, il est incontestable que lorsque ce courant était trop violent, le tourbillonnement des eaux a projeté à l'extérieur une partie des cailloux en giration dans les cuves, et ainsi, de proche en proche, les a amenés principalement sur les pentes mentionnées ci-dessus. La disposition de certaines de ces cuves m'a prouvé à l'évidence que, dans plusieurs parties de la grotte, le courant a dû autrefois se produire en sens contraire à la direction actuelle; le régime du caprice a dû certainement régner en maître dans l'inextricable réseau de ces galeries souterraines, d'une dénivellation totale dépassant 250 mètres.

Comme il était impossible de photographier quelques variétés de marmites dans le Höll-Loch, en raison de leur situation sur des pentes assez fortes, très tourmentées et d'accès souvent difficile, je n'ai pu que dessiner, aussi exactement que possible, quelques types, les plus caractéristiques, de ces cuves; elles sont représentées en coupe dans les figures suivantes (fig. 25 à 31).

Comme M. Brunhes, nous distinguerons ces marmites en deux catégories : les marmites complètes ou achevées et les marmites incomplètes ou, mieux, inachevées. Elles pourront se trouver soit isolées, soit disposées en séries ou chapelets.

La figure 25 représente une marmite complète isolée, régulière et de forme absolument sphérique. Très généralement, ce type, dont les dimensions sont très variables, ne renferme que de petits éléments ou des éléments moyens qui, en suspension dans l'eau tourbillonnante, ont graduellement usé les parois de la cuve, en même temps qu'ils se sont usés eux-mêmes, tout aussi rapidement, contre les parois, car ici les graviers ou cailloux sont formés uniquement de la même roche calcaire que celle des galeries souterraines.

Dans les vallées, au contraire, les matériaux sont plus variés; des débris de roches plus dures que celles formant le lit de la rivière peuvent alors contribuer à augmenter la rapidité du creusement dans

des proportions infiniment plus grandes que dans les cavernes en général et plus particulièrement que dans la grotte qui nous occupe.

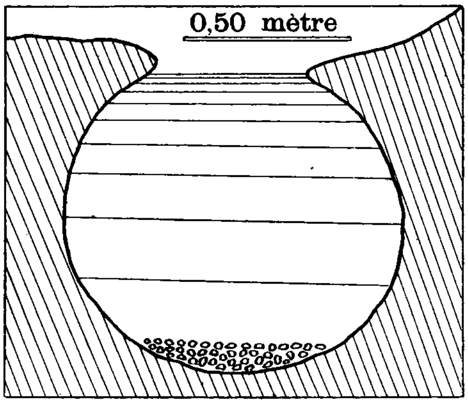


Fig. 25. — Marmite complète achevée et régulière.

La figure 26 offre encore un exemple de marmite complète, mais de forme bien moins régulière que la précédente. L'irrégularité de la cuve paraît devoir être due ici, très vraisemblablement, à la moins grande homogénéité de la roche, et peut-être aussi à un tourbillon agissant d'une façon plus inégale, ce qui est le cas assez général.

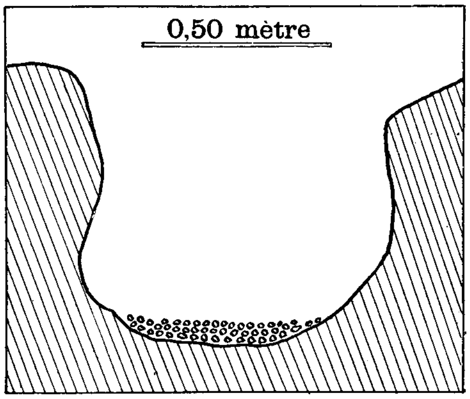


Fig. 26. — Marmite complète achevée et irrégulière.

Cependant, je dois ajouter ici que les cuves de forme régulière sont assez nombreuses dans les galeries du Höll-Loch, et cela en raison de la grande homogénéité de la roche dans laquelle elles sont creusées et de son peu de fissuration, ainsi que nous le disions plus haut.

La figure 27 montre un spécimen de marmite inachevée, c'est-à-dire que l'action tourbillonnante des eaux n'a pas été ici d'assez longue durée pour enlever complètement la saillie centrale qui se remarque au fond de la cuve. Cette saillie centrale, qui existe si fréquemment dans les marmites en voie de formation, constitue, somme toute, une sorte de point mort enlevé seulement à la longue par les eaux en giration.

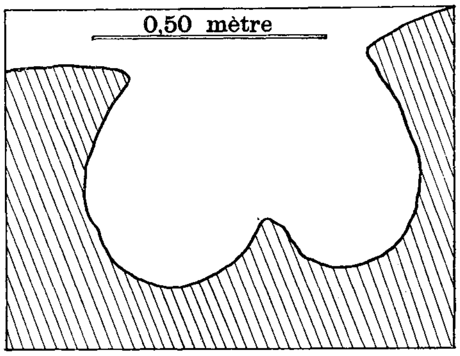


Fig. 27. — Marmite inachevée.

J'ai pu constater d'assez nombreux exemples de cette catégorie de cuves dont la saillie centrale, en forme de cône, était parfois d'une parfaite régularité.

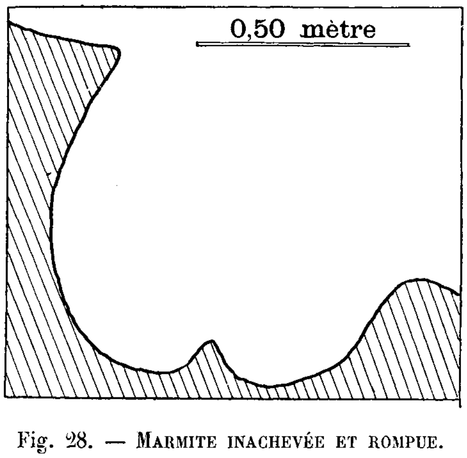


Fig. 28. — Marmite inachevée et rompue.

La figure 28 représente un autre type de marmite inachevée. Très probablement le creusement a été interrompu ici par suite de la rupture d'une paroi, ce qui a eu pour conséquence une très forte diminu-

tion dans l'énergie du tourbillon. Le pourtour de la cuve ici représentée est rayé d'une rainure creuse, sensiblement en spirale, et dont le dernier tour de spire vient se terminer à la saillie centrale. D'après l'apparence, il semble que cette rainure, assez inégale de largeur, correspondrait à plusieurs tranches moins résistantes de la roche creusée par les eaux.

C'est un très beau spécimen, assez rare dans le Höll-Loch, montrant l'action tourbillonnante des eaux dans la roche peu homogène.

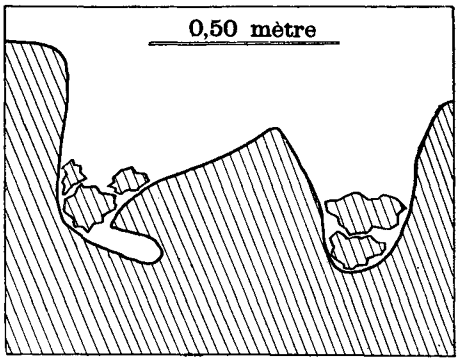


Fig. 29. — Marmite inachevée.

La figure 29 offre un exemple bien caractéristique d'une marmite en voie de formation. Ainsi qu'on le remarque fort nettement ici, la cuve est peu profonde, et sa saillie centrale, au lieu d'être, comme les précédentes, une légère surélévation conique, est d'un très grand volume, et la partie supérieure de cette saillie affleure presque le rebord de la cuve : preuves évidentes que le travail du tourbillon a été interrompu. Le creux annulaire de la cuve renfermait ici de gros cailloux qui, certainement, ont dû contribuer aussi à entraver ou même à interrompre, à peu près complètement, le creusement jusqu'au moment où les eaux ont enfin abandonné leur attaque par suite de leur enfouissement progressif dans les galeries inférieures de la caverne.

La coupe 30 montre un bel exemple de marmites achevées qui sont réunies en chapelet. La paroi séparant la cuve A de la cuve B est devenue si mince par suite d'usure progressive, que la pression exercée par les eaux en a fait éclater une partie, formant ainsi en A′ une sorte de fenêtre donnant sur la cuve inférieure B. Dans le fond de la cuve B (en B′) est creusée, fait assez curieux, mais pas unique cependant dans le Höll-Loch, une minuscule marmite d'un diamètre ne dépassant guère 25 centimètres environ, très régulière et parfaitement sphérique. En C

on remarque une troisième et grande marmite dont la paroi, vers la partie basse de la série, a été enlevée par usure prolongée, aidée aussi par la pression des eaux.

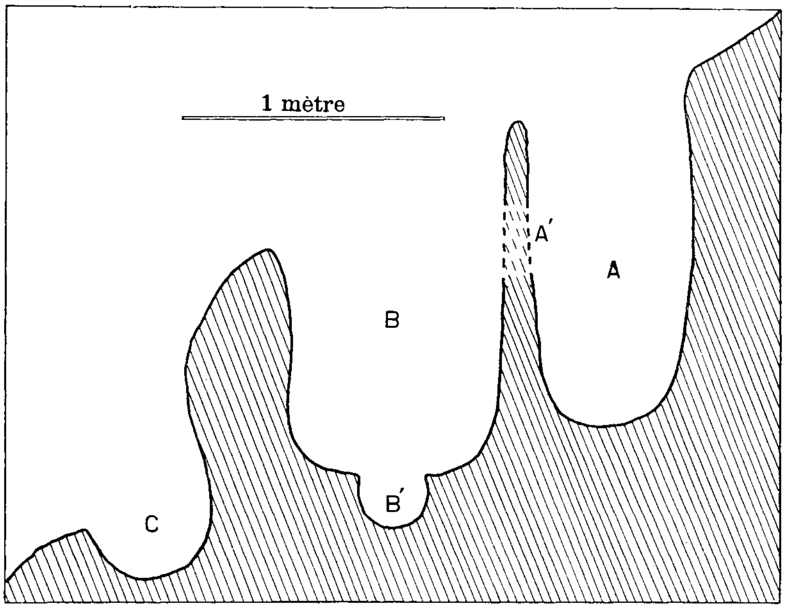


Fig. 30. — Marmites en série.

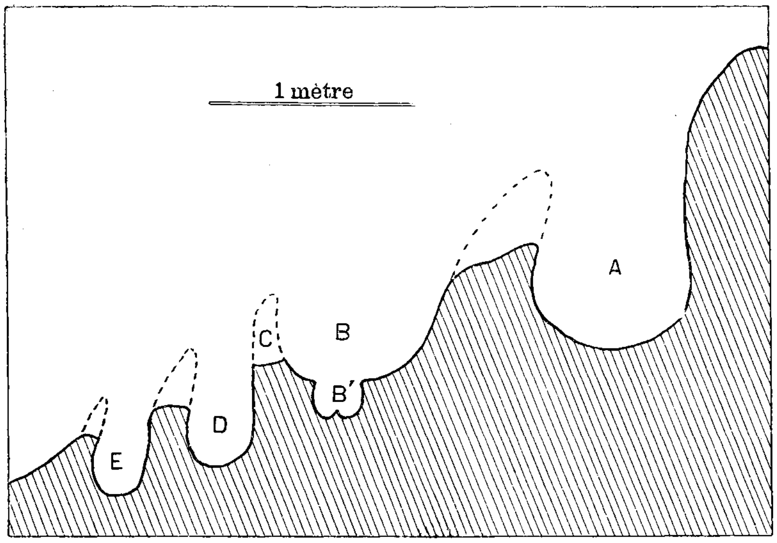


Fig. 31. — Marmites en série.

La figure 31 représente une autre série de marmites disposées également en chapelet, mais ici les cuves sont moins profondes et moins complètes. De la cuve B, notamment, il ne reste plus guère que le fond, la paroi, en C, ayant été presque complètement décapitée par la force du courant; le brisement est là bien nettement visible. Le fond de cette marmite, dont la portion supérieure a, en grande partie, disparu, se creuse, comme nous venons de le voir pour la série précédente, d'une minuscule cuve de quelques centimètres de diamètre, mais ici, du centre de cette miniature de cuve, s'élève une petite saillie, type de la marmite inachevée. Les autres marmites n'ont rien de spécial à signaler, à part ce fait qu'elles ont été presque toutes partiellement décapitées. Cette disposition en chapelet, représentée dans les deux dernières figures et que l'on remarque assez rarement dans les vallées, est relativement assez fréquente dans les galeries souterraines du Höll-Loch.

Bien que l'on puisse décrire quantité d'autres cuves, soit isolées, soit réunies en série, les exemples signalés ici me semblent être suffisants pour démontrer nettement un des modes de creusement mécanique incomparablement représenté dans cette caverne, la façon d'agir des tourbillons et la grande puissance des eaux en giration entraînant dans leur mouvement les particules solides. Ces particules solides constituent — comme le fait très bien remarquer M. Brunhes — le véritable outil du creusement des marmites.

Pourquoi rencontre-t-on un nombre relativement assez considérable de marmites inachevées dans ces galeries du sous-sol, tandis que dans les lits de rivières ou de ruisseaux à cours régulier, ce type est plus rare? La raison de ce fait me paraît bien simple. La rivière souterraine du Höll-Loch, avant d'abandonner complètement les galeries supérieures où se rencontrent les cuves, a dû, peu à peu, se creuser de nouvelles voies suffisantes pour s'écouler entièrement à un niveau de 100 mètres inférieur, qui est le niveau permanent actuel, ainsi que cela a été démontré précédemment. Par conséquent, le courant a de moins en moins fait irruption dans les galeries supérieures, pour ne plus les atteindre maintenant que très exceptionnellement. Ce régime hydrologique, très irrégulier, a dû nécessairement laisser alors inachevé le creusement d'un nombre assez considérable de marmites. De plus, le peu de fissuration de la roche, dont nous avons déjà parlé, ne donnant lieu par conséquent qu'à de très rares écroulements, — et encore ceux-ci sont-ils localisés et souvent de minime importance, — constitue ici un milieu particulièrement favorable au développement de cette action mécanique des eaux tourbillonnantes.

Anomalies barométriques et thermométriques.

Pour terminer cette étude sur le Höll-Loch, il me reste à signaler des faits assez curieux reconnus par le baromètre et par le thermomètre, et dont l'explication est encore à trouver.

Le 17 mai 1904, c'est-à-dire pendant la période de la fonte des neiges, j'étais descendu à une profondeur d'environ 70 mètres dans l'abîme du Kreusweg, ainsi que je le disais plus haut. Là, l'exploration fut arrêtée par la violente chute d'eau mentionnée précédemment, chute qui noyait la partie inférieure de l'abîme, soit environ 40 mètres du gouffre. En ce point, je ne remarquai rien de spécial à mon baromètre altimétrique qui marchait régulièrement.

Le 23 mai, alors que la crue souterraine était encore plus forte que le 17, nous pénétrâmes de nouveau dans la caverne. Un bruit sourd et très violent m'indiqua — à toute évidence — que la cascade souterraine avait augmenté de débit dans des proportions considérables.

Selon mes prévisions, M. Widmer, qui m'accompagnait, ne put descendre que d'une vingtaine de mètres dans l'abîme en question. Là, une véritable cataracte s'engouffrait en plusieurs bonds dans les profondeurs souterraines jusqu'à près de 100 mètres plus bas.

Au rebord de l'abîme, — dont la paroi rocheuse tremblait alors sous l'influence de l'énorme masse d'eau, — je constatai que l'aiguille de mon baromètre altimétrique oscillait rapidement, régulièrement et d'une façon continue, à droite et à gauche de la normale, et que l'amplitude totale de ces oscillations (durée de la double oscillation = 1 seconde) était de 18 à 20 millimètres de hauteur barométrique.

Je quittai la galerie conduisant à l'abîme pour venir constater la hauteur des eaux d'inondation dans la galerie supérieure de la caverne, et au niveau de l'eau noyant complètement le premier siphon, par conséquent dans un couloir en cul-de-sac, à un endroit éloigné de 70 mètres de l'entrée de la grotte et à peu près à la même distance de la chute d'eau, mais séparé d'elle par plusieurs coudes, je remarquai toujours les mêmes perturbations barométriques. Aucun mouvement appréciable du milieu ambiant ne semblait indiquer ces brusques changements de pression, qui cependant devaient exister et même être, me paraît-il, la seule cause de ces oscillations. J'ai observé ce phénomène dans toute la partie alors accessible de la caverne, mais il diminuait d'intensité vers la sortie pour cesser complètement à l'extérieur. Je dois ajouter que l'entrée fort étroite de la grotte constitue un dispositif qui facilite les changements de pression à l'intérieur.

Pourquoi — ainsi que je le disais dans ma note parue dans la revue *Ciel et Terre* — absolument rien d'anormal n'a-t-il été constaté le 17 mai, alors que la chute souterraine, moins importante, il est vrai, tombait d'une hauteur de 40 mètres, et pourquoi un trouble barométrique si considérable a-t-il été noté le 25, alors que la masse d'eau, plus puissante que précédemment, se précipitait dans le gouffre d'une hauteur de près de 100 mètres? Ces violents changements de pression, appréciables seulement au baromètre, seraient-ils dus à un siphonnement intermittent de grande force? Comment expliquer ces oscillations si rapides? Autant de questions, autant d'énigmes.

M. E.-A. Martel m'a dit avoir observé parfois (notamment dans la grotte de Dargilan) des troubles barométriques bizarres : sautes de 3 à 4 millimètres en quelques minutes, marche de l'aiguille en sens inverse de la normale, etc. Il avait déjà signalé l'intérêt qu'il y aurait à étudier ces accidents, qu'il n'a pas encore eu le temps d'approfondir.

Les fortes crues de mai m'ont empêché de faire de nombreuses observations thermométriques, comme c'était mon intention. Je ne pourrais donc guère donner ici que de très vagues indications sur cette question; c'est pourquoi je me contenterai de signaler quelques faits curieux relatifs à la température de la caverne.

Les galeries supérieures de cette caverne ont une température qui se maintient très généralement entre 4° et 5° C., ce qui représente la moyenne thermique annuelle de l'endroit (indiquée par la station météorologique, très voisine, de Bisisthal) et le degré thermométrique très général des eaux de la rivière souterraine.

A la descente de l'abîme du Kreusweg, gouffre dans lequel s'est produite la violente cascade signalée ci-dessus, j'ai constaté à deux reprises 4°5 C. à 20 mètres de profondeur, 5° C. à 25 mètres, 7° C. à 50 mètres et jusqu'à 8° C. au voisinage de la cascade qui m'a empêché de pousser l'exploration plus loin.

Un de mes compagnons, M. Widmer, me dit avoir remarqué plusieurs fois des températures de 10 à 11° C. au fond de l'abîme.

Chose curieuse, les eaux de la rivière souterraine, comme les eaux stagnantes de la caverne, n'atteignent pas et de loin ces températures.

Dans la partie la plus élevée des galeries supérieures du Höll-Loch (au fond du Crystall-Hölle), M. Widmer aurait également noté une température de 11° C.

Donc, au point le plus bas de la caverne (altitude de 630 mètres), on constate des températures de 11° C., et au point le plus haut (altitude d'environ 900 mètres), on remarque aussi des températures de

11° C., alors que le thermomètre indique, dans la moyenne partie des galeries intermédiaires entre ces points, environ 4° à 5° C. Pourquoi ces grandes différences de température? Énigme aussi, comme pour la perturbation barométrique.

La température d'une grotte est chose si complexe qu'il faut de multiples observations, faites dans des conditions spéciales, avant de pouvoir en tirer des déductions sérieuses. Je me borne donc à signaler ici ces faits, me réservant de revenir prochainement sur la question, à propos d'une étude thermométrique complète d'une de nos cavernes — en période chaude et en période froide — dont je m'occupe en ce moment.

En résumé, par sa nature extrêmement tourmentée, par la puissance et par le fonctionnement de son régime hydrologique, par ses galeries étagées reliées entre elles par des abîmes dépassant 100 mètres, par ses remarquables marmites façonnées par les eaux tourbillonnantes, par les curieux phénomènes encore inconnus dont ses mystérieuses profondeurs sont le siège, etc., le Höll-Loch constitue une des cavernes les plus extraordinaires que l'on puisse voir, en même temps qu'il représente un type rare d'un très grand intérêt scientifique.

De même, pour la longueur de ses galeries, il occupera, j'en suis convaincu, le second rang parmi toutes les cavernes actuellement connues, c'est-à-dire qu'il viendra immédiatement après les fameuses grottes du Mammouth, lorsque la première moitié de ses galeries supérieures sera rendue plus accessible, de manière à permettre d'y faire alors de très importantes explorations qui amèneront, à n'en pas douter, de sensationnelles découvertes.

ÉTUDE GÉOLOGIQUE AVEC COUPE

RÉSULTANT DES SONDAGES EFFECTUÉS

A TRAVERS LA VALLÉE DE LA SENNE

PAR

F. HALET et CH. LEJEUNE DE SCHIERVEL (1)

PLANCHE IX

L'Administration des chemins de fer de l'État ayant confié à M. Mourlon l'étude géologique, par sondages, du tracé de la ligne de chemin de fer projetée de Bruxelles-Midi à Gand-Saint-Pierre, ce travail fut exécuté avec le plus grand soin par le personnel du Service géologique. Des sondages ont été pratiqués tous les 200 mètres environ suivant le tracé de la voie. Ceux-ci, d'un diamètre de 12 centimètres, ont été généralement poussés jusque 15 mètres de profondeur; mais là où le besoin s'en est fait sentir, la sonde est descendue jusqu'à 30 mètres.

Les échantillons des terrains traversés ont été recueillis, avec un soin méticuleux, de mètre en mètre, et constituent ainsi une série de documents sérieux, d'une grande utilité pour la connaissance exacte des terrains tertiaires et quaternaires de cette région.

La mise en œuvre de cette grande quantité de matériaux nous a permis de présenter à la Société la coupe complète et détaillée des terrains sur toute la longueur du tracé (2).

(1) Présentée à la séance du 19 juillet 1904.

(2) Cette coupe, à grande échelle, est exposée en ce moment dans la Section des Sciences de l'Exposition de Liége.

Étant en ligne droite sur une longueur de 50 kilomètres, l'examen d'une coupe aussi vaste pourrait être fastidieux; aussi, ne nous sommes-nous appliqués ici qu'à l'étude de la partie du tracé qui coupe transversalement la vallée de la Senne, c'est-à-dire des 10 premiers kilomètres. C'est, du reste, la partie de loin la plus intuitive de ce travail, et la vallée de la Senne nous permettra d'envisager tous les points intéressants de la coupe.

Les sondages n'ayant point été effectués sur la rive droite de la Senne, nous avons complété la coupe de ce côté, au moyen des données fournies par la carte géologique d'Uccle.

Nous allons étudier la coupe de la vallée de la Senne à deux points de vue :

1° Au point de vue orologique;

2° Au point de vue géologique.

§ I. — Vallée de la Senne.

1. — Au point de vue orologique :

La coupe traverse la vallée de la Senne suivant une perpendiculaire à la direction de celle-ci. Elle nous donne donc l'orientation la plus favorable pour nous faire une idée des variations de profil que cette rivière a subies pendant les époques tertiaire et quaternaire. De ces variations de profil, on se fera sans peine une idée des variations considérables de régime que la Senne a subies pendant ces périodes.

Commençons par faire abstraction complète du Campinien, du limon hesbayen et de l'alluvion moderne.

Nous nous trouvons en présence d'une vallée très importante, ayant une largeur de 9300 mètres, depuis les hauteurs d'Uccle jusqu'à Schepdael.

Cette vallée présente deux terrasses successives *AA* et *BB*. Son plancher étant en *C*, les deux bords de la vallée atteignent, à Uccle, 100 mètres d'altitude, tandis qu'à Schepdael la colline ne s'élève qu'à 82 mètres au-dessus du niveau de la mer. La terrasse *AA* s'élève, de part et d'autre, à une altitude de 40 mètres; la seconde terrasse, qui occupe le même niveau que la vallée actuelle, a une altitude moyenne de 22 mètres.

Le plancher de la vallée descend jusqu'à la cote 10. Le creusement de la Senne s'est donc fait en trois étapes bien distinctes, dont le travail total a amené une dénivellation d'environ 80 mètres en son maximum.

Au point de vue chronologique, cette période de creusement se trouve circonscrite de la fin de l'époque diestienne jusqu'à la moitié de l'époque campinienne, comprenant donc le Scaldisien, Poederlien, Moséen et une partie du Campinien.

La terrasse *AA* serait probablement d'époque tertiaire, tandis que celle marquée *BB* serait moséenne. Pour étayer cette assimilation d'une façon plus ou moins péremptoire, il faudrait trouver sur les deux terrasses en question des dépôts caractéristiques. Nous n'avons rien rencontré de semblable.

Le dernier creusement de la vallée, qui en a abaissé le plancher jusqu'à la cote + 10, est de la première partie de l'époque campinienne.

Qu'on nous permette une digression pour mieux préciser le rôle des cours d'eau, tant dans leur période érosive que dans leur période sédimentaire.

L'étude mathématique d'un filet liquide, coulant par suite d'une différence de niveau, donne une série de résultats très intéressants, d'autant plus que ceux-ci sont contrôlés par d'innombrables faits constatés par l'observation courante.

Supposons un filet d'eau continu coulant à la surface d'un plan incliné suivant la ligne de plus grande pente. Peu à peu, ce filet se creusera un lit dont le profil longitudinal tend vers une courbe déterminée. Une fois cette courbure atteinte, le profil ne se modifiera plus, les conditions initiales restant les mêmes. Cette courbe d'équilibre est un arc de parabole à axe horizontal, dont la concavité est tournée vers le ciel et dont les paramètres sont fonctions de l'inclinaison du plan. Vient-on à augmenter celle-ci, la courbure de la parabole s'accentue, et le filet d'eau entre dans une nouvelle phase érosive. Tandis qu'en diminuant le même facteur, le filet d'eau, pour prendre une courbure moins accentuée, devra combler une partie de son lit, d'où naissance de la phase sédimentaire, qui prendra fin dès que la courbure d'équilibre sera atteinte. L'importance du filet d'eau n'a point d'influence directe sur le creusement du lit, il intervient surtout dans l'élargissement de celui-ci.

Dans le cas qui nous occupe, nous pouvons donc nous figurer les choses se passant comme suit : Dès que la mer diestienne eut quitté peu à peu le Brabant, par suite du soulèvement lent et progressif de la partie Sud du pays, il s'établit, sur cette plage unie et faiblement inclinée, un régime fluviatile d'une topographie indécise. Comme le montre la coupe, le lit de la Senne était, à cette époque, d'une largeur

excessive de *A* en *A*; en supposant même une abondance extraordinaire de précipitations atmosphériques, on ne peut admettre que réellement la Senne tertiaire ait rempli de ses eaux toute la largeur de la vallée; c'est par suite de divagations continuelles qu'elle est arrivée à se creuser un lit d'une telle largeur, si peu en relation avec l'étendue de son bassin d'alimentation.

Tout à l'aurore des temps quaternaires, le mouvement, déjà esquissé à la fin du Diestien, s'accentue sensiblement, et la Senne recreuse de nouveau son lit jusqu'en *BB*. Il n'est point étonnant que le lit de la Senne moséenne soit moins large que celui de l'époque tertiaire, le régime hydrographique était déjà plus stable et la topographie plus nette, l'écoulement des eaux plus rapide.

De nouveau, la pente générale augmente et la rivière creuse encore plus profondément son lit pour le conduire jusqu'en *C;* la vallée perd ainsi en largeur.

A ce moment, correspondant chronologiquement à la première période du Campinien, la partie moyenne de la Belgique, et spécialement le Brabant, acquiert un maximum de relief topographique, qui tendra ensuite à diminuer.

La seconde partie de l'époque campinienne est caractérisée, pour la Senne, par la sédimentation; ceci nous montre une diminution de pente générale, due à un mouvement du Sud, inverse des précédents; c'est-à-dire un abaissement. La Senne recomble son lit jusqu'à peu près en *BB*, donc, les conditions dans lesquelles se trouvait la Senne étaient à peu près identiques à la fin de l'époque campinienne qu'à l'époque moséenne. L'examen du dépôt campinien nous montre que le régime de la rivière était très énergique, vu la nature caillouteuse du dépôt. De plus, on rencontre fréquemment dans les travaux de fondations qui y ont été poussés, des blocs de phyllades à peine roulés et de dimensions telles qu'il n'est point douteux que leur transport soit dû à l'action des glaces flottantes charriées à la débâcle. Ce climat rigoureux, presque scandinave, est bien en rapport avec la faune que nous ont conservée les tourbes, qui sont contenues dans les alluvions.

A partir de cette époque, le régime fluviatile de la Senne subit un arrêt brusque, causé par l'invasion hesbayenne qui a couvert la moyenne et la basse Belgique d'un manteau épais et uniforme de limon.

L'origine de celui-ci est encore fort discutée; il n'entre point dans le cadre de cette note de parler d'une question aussi vaste et aussi controversée.

En jetant un coup d'œil rapide sur la coupe, on se rend immédiate-

ment compte combien le dépôt du limon a modifié la topographie du pays, en arrondissant les contours les plus marqués.

Pendant l'époque où la mer flandrienne couvrait la partie basse du pays, la région émergée semble avoir été soumise à un régime météorologique continental. Les longues périodes de sécheresse ont donné lieu à des phénomènes éoliens, qui ont accumulé en certains endroits des épaisseurs considérables de limon. Ainsi peut s'expliquer la puissance tout à fait anormale de ce dépôt, que nous avons pu constater d'une façon indiscutable sur la rive gauche de la Senne.

En effet, un sondage a traversé $27^{m}50$ de limon, pour atteindre ensuite le Campinien typique.

C'est, du reste, la plus forte épaisseur que l'on ait constatée en Belgique pour le dépôt hesbayen.

Pendant une partie de l'époque flandrienne et pendant les temps modernes, le régime de la Senne devient alluvionnant, si bien qu'elle comble son lit jusqu'à la terrasse moséenne, en *BB*. Le régime des pluies et vents dominants Sud-Ouest exerce une influence très importante sur le dépôt du limon; ainsi les flancs de la rive droite de la Senne en sont complètement privés par lavage, tandis que ceux de la rive gauche en sont encore abondamment pourvus. C'est là un fait qui se vérifie universellement dans le pays, mais toujours intéressant à constater d'une façon aussi typique.

§ II. — **Étude géologique.**

Tout l'intérêt que présente l'étude de la vallée de la Senne se concentre surtout dans les questions qui se posent au sujet de l'étage paniselien, tant au point de vue de sa composition qu'au point de vue de sa position stratigraphique. Toutefois, avant d'aborder cette discussion, nous dirons deux mots des deux dépôts quaternaires propres à la vallée de la Senne : l'alluvion moderne et le Campinien.

L'alluvion moderne se compose essentiellement d'une argile tourbeuse, variant d'un jaune brun au noir, plastique, compacte, d'odeur fétide; elle est très variable d'aspect et de composition. Contenant de la tourbe, des fragments de bois avec vivianite, la faune qu'elle renferme est celle encore existante dans le pays. En somme, un dépôt indiquant un courant relativement peu énergique.

Le Campinien, ou alluvion ancienne, est un dépôt beaucoup plus

grossier, constitué d'un sable grossier graveleux avec nombreux cailloux de silex et surtout caractérisé par une grande abondance de fragments de phyllades. Ceux-ci, de teinte vert grisâtre, varient fortement de dimensions, depuis des morceaux à peine visibles jusqu'à des blocs de plusieurs décimètres cubes; les angles de ces morceaux sont souvent peu émoussés. Au milieu de ce dépôt se trouvent des lentilles de tourbe, à faune ancienne, contenant l'*Elephas antiquus*, etc. Cette faune indique un régime froid et pluvieux, qui concorde bien avec la dimension, souvent très forte, des blocs de quartzites, ne pouvant s'expliquer que par un transport fluvio-glaciaire.

1. — Passons maintenant à l'étude de l'étage paniselien, au point de vue de sa composition.

Voici les faits : au-dessus de l'Ypresien sableux typique, et directement en dessous du Ledien, partout où celui-ci a été rencontré, nous trouvons l'étage paniselien. Celui-ci se compose essentiellement d'abord d'un sable argileux vert glauconifère, de finesse moyenne, présentant au maximum 11 mètres de puissance; nous l'avons assimilé au *P1d* de la Légende de la Carte géologique au 40 000ᵉ. Puis, sur 4 mètres, nous traversons une argile foncée presque noire, plastique par endroits et renfermant de la pyrite en assez grande quantité. Nous avons rangé ce dépôt dans *P1m*, puisqu'il surmonte directement le sable fin ypresien. Quant à *P1c*, celui-ci n'est point délimité sur la coupe, il ne se présente point d'une façon régulière, mais sous forme de lentilles dans *P1d*.

A la séance de notre Société, le 29 juillet 1898, M. Rutot nous présentait, à la suite d'un forage exécuté dans le village de Saint-Michel, au Sud de Bruges, une communication fort intéressante intitulée : *Observations nouvelles sur le sous-sol profond de Bruges.*

Voici la coupe de ce forage :

			Mètres.
QUATERNAIRE FLANDRIEN.	*Q4.*	Sable meuble avec gravier à la base.	12.00
PANISELIEN.	*P1d.*	Sable glauconifère avec plaquettes de grès	11.00
	P1c.	Argile sableuse glauconifère. . .	6.00
	P1b.	Sable très glauconifère avec linéoles d'argile ; très grossier et graveleux à la base	6.00
	P1m.	Argile grise.	8.00
YPRESIEN.	*Yd.*	Sable fin.	8.00

Le carnet du sondeur indique de 31 à 35 mètres de profondeur, c'est-à-dire à la base de *P1b*, 4 mètres de sable graveleux, les 2 mètres supérieurs étant dénommés sable rude. A première vue, cette couche graveleuse serait la base du Paniselien, donc le *P1a*.

Voici du reste ce qu'en dit notre éminent confrère :

« La présence du gravier base du Paniselien serait donc ici confirmée, mais à Bruges ce gravier repose directement sur le sable fin ypresien, ce qui est absolument normal, alors qu'à Saint-Michel ce même gravier repose sur une argile plastique pure, grise, épaisse de 8 mètres et que nous ne pouvons rapporter qu'à l'argile base du Paniselien *P1m*. Il y a là une sorte de contradiction, sans doute plus apparente que réelle (l'absence de *P1a* au contact de l'Ypresien). En effet, nous sommes d'accord pour reconnaître dans l'argile plastique *P1m*, non une argile marine de grand fond, mais une argile pure de lagune, l'équivalent exact de notre argile des Polders de l'époque moderne. Lors du retrait de la mer Ypresienne, il s'est établi sur la partie émergée un régime lagunaire, pendant lequel l'argile poldérienne s'est déposée, dans les dépressions, sur des épaisseurs pouvant atteindre 10 à 12 mètres dans la partie Sud de la Flandre, et l'on conçoit que lorsque la mer Paniselienne est entrée dans le pays, elle s'est forcément étendue à la surface des dépôts lagunaires et a pu y déposer son gravier. L'argile *P1m* est donc un véritable dépôt de transition, représentant un état spécial de régime continental, et en réalité elle appartient autant à l'Ypresien qu'au Paniselien. Le fait que nous constatons à Saint-Michel, où le gravier paniselien surmontait l'argile poldérienne *P1m*, tendrait même à faire pencher la balance du côté de l'Ypresien. C'est évidemment là un point théorique à discuter, et pour nous, qui attachons une grande importance aux graviers séparatifs, il y a lieu sérieusement de savoir s'il ne faudrait pas placer désormais l'argile *P1m* au sommet de l'Ypresien, avec la notation *Y2* ou *Ym*. »

Nous ne partageons point complètement les opinions de notre savant confrère en ce qui regarde l'origine lagunaire de *P1m* et l'importance à attribuer au gravier *P1a*.

Sur la planchette de Bruges, dressée par M. Rutot, figure un sondage, en plein milieu de la ville, qui ne renseigne pas l'existence de *P1m*, mais déclare le gravier en contact direct avec le sable fin ypresien.

On comprend que la disparition du banc d'argile *P1m*, constaté au sondage de Saint-Michel, tendrait à faire croire que cette argile ne présentait point de continuité stratigraphique.

Ayant été en mesure d'examiner les échantillons du sondage exécuté à Bruges à la nouvelle gendarmerie, nous nous permettons d'émettre des doutes sur la valeur et sur l'exactitude des documents que M. Rutot a eus à sa disposition pour établir la coupe figurée sur la carte.

Les échantillons du sondage de la nouvelle gendarmerie ont été soigneusement recueillis sur place par un employé du Service géologique; ils constituent une série complète et très exacte des terrains traversés (1).

En voici la coupe :

Puits artésien creusé à la Gendarmerie nationale de Bruges, coupure n° 3, exécuté par la firme Behiels frères, de Wetteren.

ÉCHANTILLONS RECUEILLIS PAR M. HENRI BEHIELS.

R.	Remblai ou remanié		1.30
Q4.	1. Sable quartzeux gris brunâtre pâle, demi-fin, avec fragments de bois	2.30	
	2. Sable gris pâle, fin, légèrement pailleté	6.40	
	3. Sable argileux fin, gris bleuâtre, légèrement pailleté.	2.00	
	4. Sable fin quartzeux, légèrement pailleté, gris, avec fragments de coquilles	1.00	
	5. Sable quartzeux gris, avec coquilles	2.00	
	6. Sable fin gris, avec coquilles.	3.00	
	7. Sable quartzeux gris blanchâtre, finement glauconifère, avec coquilles	2.00	
	8. Idem, légèrement micacé.	3.00	
	9. Sable quartzeux gris brunâtre, glauconifère, avec fragments de lignite	1.00	
	10. Idem	2.00	
	11. Sable fin gris verdâtre, avec petits fragments de cailloux et gravier	2.00	
	12. Idem, avec petits cailloux et gravier	1.00	
		——	27.70

(1) Depuis la communication de notre travail à la Société, plusieurs autres puits profonds ont été effectués aux environs de la ville de Bruges pour les travaux de la distribution d'eau; les échantillons de ces puits ont été soigneusement recueillis par un agent du Service géologique et ont donné des résultats qui concordent exactement avec ceux obtenus dans le creusement du puits de la gendarmerie.

P1d.	13. Sable quartzeux fin, gris foncé, avec fragments de coquilles	1.50	
	14. Sable fin gris foncé, pailleté	1.50	
	15. Idem	1.00	
	16. Idem	2.50	
	17. Sable gris verdâtre, pailleté, avec débris de coquilles.	0.80	
	18. Idem	1.20	
	19. Sable fin gris verdâtre, avec traces de coquilles	1.50	
	20. Sable argileux gris verdâtre, avec traces de coquilles.	1.00	
			11.00
P1m.	21. Argile sableuse gris verdâtre, avec traces de coquilles	1.00	
	22. Argile plastique schistoïde gris foncé	1 00	
	23. Idem	1.00	
	24. Idem	1.00	
	25. Idem	1.00	
	26. Idem	1 00	
	27. Idem	1.50	
			7.50
Yd.	28. Sable fin, légèrement argileux, gris verdâtre	0.50	
	29. Idem, avec traces de coquilles	2.00	
			2.50
	30. Sable très fin, gris verdâtre, légèrement pailleté.		

Eau claire très abondante.

Niveau de l'eau : 8 mètres sous le sol.

On y constate donc l'argile *P1m* avec son épaisseur normale, qui n'est ni précédée ni suivie d'aucun gravier et repose directement sur le sable fin *Yd*.

Donc l'argile *P1m* se trouve bien dans le sous-sol de Bruges. De plus, nous l'avons rencontrée à la cote 0 à + 4, à l'Est de cette ville, aux environs de Varssenaere, au Nord de la planchette de Zedelghem, où des sondages ont été exécutés en vue d'une étude de distribution d'eau pour la ville d'Ostende.

L'argile surmontée du sable *P1d* repose, sans intercalation de graviers, directement sur le sable fin *Yd*.

Sur tout le tracé de la coupe, depuis Gand jusque Bruxelles, le *P1m* est continu, d'une épaisseur constante de 4 à 8 mètres, et occupe une position stratigraphique identique, toujours directement au-dessus d'*Yd*, sans aucune interposition de graviers. De là découle cette conclusion qu'un terrain qui se poursuit sous une même épaisseur et sans interruption depuis Varssenaere jusque Bruxelles, c'est-à-dire sur une

distance de plus de 100 kilomètres, constitue, au point de vue stratigraphique, un précieux point de repère.

Quant à l'origine lagunaire, nous ne pouvons admettre cette interprétation, vu le niveau constant auquel se retrouve partout cette argile paniselienne. Nous partageons tout à fait l'opinion de M. Rutot, qui ferait du *P1m* la partie supérieure de l'Ypresien *Y2*. Reste la question du *P1a*, gravier de base du Paniselien qui séparerait celui-ci de l'Ypresien. Sur la ligne précitée, ce terme n'a jamais été rencontré. De plus, en consultant toutes les cartes qui renseignent le terrain paniselien, le terme *P1a* est extrêmement rare. Il ne se rencontre guère que sur les planchettes de Anseghem, Frasnes, Celles, levées par feu le capitaine Delvaux. La légende de ces feuilles renseigne « *P1a*, gravier glauconifère ou sable glauconifère, parfois argileux, à très gros éléments ». Comme le Service géologique possède tous les échantillons de levé que E. Delvaux a recueillis avec tant de soin, nous avons pu examiner à loisir ceux qui étaient renseignés comme *P1a*. Ce sont, plutôt, des sables grossiers et ne présentant point l'aspect typique de graviers formant base d'étage. Ces sables graveleux reposent directement sur *P1m*. Nouvelle confirmation de l'opinion qui ferait de *P1m* la partie supérieure de l'Ypresien. Car, de deux choses l'une : ou bien l'on considère *P1a* comme base d'étage, et alors *P1m* lui étant inférieur devient *Y2* ou *Ym*, ou bien on dénie à *P1a* le caractère de gravier séparatif, vu son peu d'extension, sa grande rareté et son absence complète dans certaines régions, et alors tout l'étage paniselien devient de l'Ypresien supérieur. C'est du reste cette manière de voir qui nous séduit le plus.

2. — Un autre problème scientifique, qui se rattache intimement à l'étude de la vallée de la Senne, peut se poser de la façon suivante : Le Paniselien surmonte directement l'Ypresien sur la rive gauche de la Senne, où le Bruxellien fait défaut; par contre, sur la rive droite, le Bruxellien repose directement sur *Yd*, sans que la présence du Paniselien ait été constatée. Donc le Bruxellien et le Paniselien, surmontant tous deux l'Ypresien, viennent buter l'un contre l'autre.

Plusieurs hypothèses ont été émises pour expliquer ce cas. Celle de la faille de la vallée de la Senne, longtemps admise sans avoir toutefois des faits qui militent en sa faveur. Au cours de la discussion du travail si intéressant de M. Deladrier, à la séance du mois de mai 1904, l'un de nous a affirmé que, par la coupe que nous présentons en ce moment, il était en mesure de nier à cette faille toute existence réelle.

En effet, la simple inspection de la coupe ne montre nulle part une dénivellation indicatrice d'une faille et la pente des terrains tertiaires est extrêmement faible.

A la séance du 19 juin dernier, M. Simoens a lu un travail, antérieurement déposé sous pli cacheté, dans lequel il émet une nouvelle hypothèse au sujet de cette intéressante question. D'après lui, le phénomène s'explique par un mouvement double d'abaissement, s'étant poursuivi suivant la même ligne de fracture, correspondant au cours actuel de la Senne. Ces mouvements d'affaissements alternatifs, joints aux phénomènes d'arasion dus à l'action marine, auraient amené la configuration représentée dans le travail de M. Simoens.

A première vue, cette théorie semble ingénieuse autant qu'elle ne permet point le contrôle, puisque les deux affaissements seraient contrebalancés et, par conséquent, n'auraient pas laissé d'autres traces que le fait qu'ils tendent à expliquer. Mais en examinant de plus près la question, on voit cependant que, pour faire disparaître le Bruxellien sur la rive gauche, il a fallu une dénivellation de 30 mètres (épaisseur du Bruxellien sur la rive droite), tandis que la disparition du Paniselien sur la rive droite a pu se faire avec une dénivellation de 20 mètres. Donc il resterait encore pour la rive gauche une surélévation de 10 mètres, facile à vérifier tant sur la carte géologique de Bruxelles que dans notre coupe.

De fait, rien de semblable n'a jamais été constaté et aucun fait quelconque ne milite en faveur de cette théorie.

Du reste, les données du problème telles qu'elles ont été posées précédemment ne sont point en rapport avec les faits indiscutablement observés. En effet, en examinant la feuille de Bruxelles, levée par M. Rutot, nous voyons indiqué sur la rive droite de la Senne, près de la gare du Midi, un affleurement de Paniselien, au contact avec l'Ypresien et le Bruxellien; à Neder-over-Heembeek, sur la rive gauche de la Senne, le Bruxellien est dûment constaté, tant par affleurement que par sondages sur plusieurs mètres de puissance. Il repose directement sur le Paniselien, sur une distance Est-Ouest de 2 kilomètres; et, loin de buter contre le Bruxellien, le Paniselien, s'amincissant vers l'Est, disparaît peu à peu entre le Bruxellien et l'Ypresien, au bord même de la vallée.

Voilà donc un exemple typique de la transgression d'une mer sur l'autre et point n'est besoin de rechercher l'action de phénomènes tectoniques, souvent hardis, toujours hypothétiques.

Nous nous croyons donc pleinement autorisés à représenter en

pointillé, sur notre coupe, le passage du Bruxellien au-dessus du Paniselien, répétition exacte de ce qui a été constaté à Neder-over-Heembeek.

Jusqu'où se serait étendu le Paniselien, nous ne sommes point en état de nous en faire une idée; mais nous croyons que le banc d'argile que l'on trouve partout aux environs de Bruxelles, au sommet de l'Ypresien tout au contact du Bruxellien, ne serait autre qu'une partie de *P1m* que l'érosion n'a point entamée.

Ce banc d'argile est continu, ainsi que nous l'ont montré les nombreux sondages exécutés pour l'étude de la jonction Nord-Midi.

LES THÉORIES NOUVELLES

DE LA

FORMATION DES ALPES

ET L'INFLUENCE TECTONIQUE DES AFFAISSEMENTS MÉDITERRANÉENS (1)

PAR

le Dr C. VAN DE WIELE

PLANCHE X.

On sait que la stabilité de la montagne est proverbiale, mais la sagesse des nations s'est trouvée ici, une fois de plus, en défaut. Déjà l'on s'était habitué à l'idée des soulèvements du sol, mais nous n'étions pas arrivés au bout de nos étonnements, car la géologie moderne en est venue peu à peu à faire chevaucher les chaînes de montagnes tout entières comme des troupeaux de moutons. C'est en Belgique, nous le savons, qu'a commencé cette nouvelle étape dans l'étude de ces questions. MM. Briart et Cornet, et aussi M. Gosselet, grâce à une étude très minutieuse de la structure du bassin houiller franco-belge, nous ont montré que les couches sédimentaires avaient subi, postérieurement à leur dépôt, des déplacements considérables, qui donnaient lieu à des dérangements compliqués dans la série stratigraphique. Ces observations ont fait entrer la science géologique dans des voies nouvelles, et ainsi, une fois de plus, se trouvent démontrées les relations étroites et mutuelles entre la science appliquée et la science spéculative.

Ces études furent reprises par M. Marcel Bertrand et appliquées par lui à la formation des chaînes de montagnes en général. Il fit

---

(1) Mémoire présenté à la séance du 18 avril 1905.

ressortir les grands déplacements horizontaux subis par certaines couches sédimentaires, dans les collines de la Provence et dans les Alpes, et insista surtout sur la notion du pli couché. Autour de lui s'est groupée une école géologique nouvelle, recrutée surtout parmi les géologues de la France et de la Suisse, qui a fait faire des progrès considérables à la géologie tectonique des Alpes et des chaînes de montagnes en général. Mais il convient de réserver une place à part au grand maître de la tectonique, dont le génie, servi par une vaste érudition, n'a pas rencontré de pair; nous avons nommé M. Suess.

Laissant de côté les savants travaux de M. Heim sur la formation des montagnes, nous nous occuperons surtout des travaux récents de M. Lugeon, parce qu'ils tendent à donner au principe du chevauchement des couches terrestres superficielles toute sa valeur. Nous devons également citer ici le nom de M. Schardt, qui, le premier, a insisté sur le rôle des chevauchements dans la géologie alpine.

M. Lugeon a commencé par l'étude des Alpes de la Haute-Savoie, où il a reconnu l'indépendance tectonique du massif de la Brèche, qui repose soit directement, soit par l'intermédiaire du Flysch, sur les Préalpes, constituant la chaîne bordière du groupe alpin et se continuant, par delà le Rhône, sous le nom de Préalpes romandes, et au delà par les montagnes des Klippes, jusqu'à la nappe couchée du Falknis; tandis que le massif superficiel de la Brèche trouve son homologue dans le massif de la Hornflüh et la nappe du Rhätikon. C'est l'extension de cette homologie qui a amené M. Lugeon à concevoir le massif de la Brèche et celui des Préalpes comme faisant partie de vastes nappes couchées qui auraient autrefois couvert toute la Suisse alpine. Ces nappes, dont on peut admettre un nombre plus ou moins grand, prennent naissance en arrière vers la partie centrale de la zone alpine, où, par l'intermédiaire de racines, elles se rattachent aux masses encore situées dans la profondeur; en avant les plus superficielles passent même par-dessus les massifs cristallins de la première zone alpine. Il faut, d'un autre côté, admettre que d'autres nappes superposées ont autrefois recouvert celles encore existantes aujourd'hui. Elles ont été enlevées par l'érosion, qui, en outre, a déjà profondément entamé le massif de la Brèche.

Nous nous bornerons à donner le schéma par lequel se trouve expliquée la position relative des différentes nappes couchées et nous renverrons au travail si intéressant du géologue suisse pour l'étude détaillée du problème. Nous ne discuterons pas non plus le processus tectonique de la formation des nappes couchées sous l'action de la

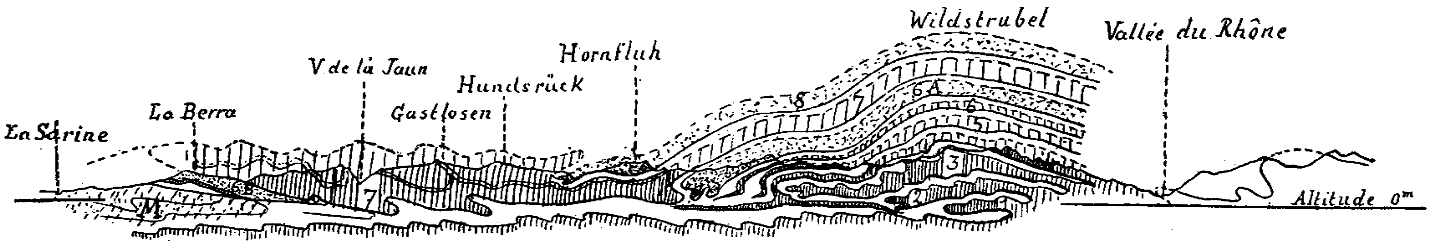


Fig. 1. — COUPE SCHÉMATIQUE DU FRONT NORD DE LA CHAINE ALPINE A TRAVERS LES HAUTES-ALPES BERNOISES ET LES PRÉALPES, D'APRÈS M. LUGEON (1).

1. Pli couché de la Dent de Morcles, en profondeur;

2. Nappe des Diablerets, en profondeur;

3. Nappe du mont Gond-Wildhorn (nappe probable du pli supérieure de Glaris, dans l'hypothèse du pli unique);

4. Nappe inférieure de la zone interne;

5-6. Autres nappes de la zone interne;

6A. Nappe probablement indépendante du Flysch du Niesen;

6B. Zone extrême formée par un Flysch spécial contenant des écailles et blocs, arrachés probablement à la zone interne;

7. Nappe des Préalpes médianes;

8. Nappe de la Brèche;

M. Molasse, dont la pénétration, vers le Sud, est d'une longueur inconnue.

Le double trait dans les Préalpes médianes indique les contournements du Malm. Les vides laissés entre les Nappes ne sont là que pour faciliter la lecture du dessin.

Échelles des hauteurs et des longueurs semblables.

(1) *Bull. Soc. Géol. de France*, 4e sér., t. I, p. 773, 1901.

force tangentielle, sur laquelle l'auteur n'insiste relativement que très peu. Tout son effort se porte sur la reconnaissance des différentes nappes couchées et au rattachement de chacune d'elles à une racine indépendante. Il est parvenu à montrer que l'une des nappes couchées, qui, aujourd'hui, forme, par ses replis, la plus grande partie de la Dent-du-Midi, et surtout des Diablerets, du mont Gond-Wildhorn et du Wildstrübel, peut se poursuivre en arrière dans le bassin du Rhône, passant par l'espace, relativement profond, situé entre le mont Blanc et le Finsteraarhorn.

M. Lugeon fait ressortir à toute évidence que, sur tout le pourtour des Alpes vers l'extérieur, règne une homologie très marquée, qui se traduit par la forme des plissements, la nature des chevauchements et par la succession tectonique des couches stratigraphiques qui forment les chaînes subalpines. Quand on a lu son travail, on ne peut plus douter de la possibilité du déplacement d'un grand nombre de montagnes de la Suisse, et surtout on reste pénétré de l'importance de la notion nouvelle qu'il a introduite dans la géologie dynamique, celle du chevauchement, et, comme extension de celle-ci, la transformation en nappes couchées, des plis plus ou moins obliques, rattachés aux profondeurs du sol par leur racine, et dont elles se trouvent parfois séparées, soit par l'exagération de la poussée en avant, soit par le travail de l'érosion, accompli depuis leur formation. C'est ainsi que les couches profondes surtout, relativement moins dérangées, gardent leur parallélisme et leur homogénéité, reposant sur les contours si compliqués des Préalpes, et que les mêmes couches, si contournées, peuvent se poursuivre depuis la Dent-du-Midi, à travers les Préalpes, jusqu'à la périphérie. Il paraît évident qu'à la suite d'un accident géologique quelconque, le massif de la Brèche a été déposé sur le massif des Préalpes.

C'est sur la continuité des nappes alpines en arrière, vers la zone centrale, que l'auteur insiste spécialement, et le schéma qu'il en établit l'oblige à rechercher leurs racines d'autant plus en arrière que les nappes sont plus superficielles, de sorte que le bord périphérique des Alpes serait formé par des matériaux qui auraient surgi de l'intérieur de l'arc alpin. Il me semble que nous rencontrons là le point faible de la théorie, surtout si on veut l'étendre tout entière au système alpin, car en la poussant ainsi à l'extrême, nous arrivons à la conclusion que la plus grande partie des masses alpines, encore plus considérable avant l'érosion, aurait dû surgir de l'aire relativement étroite de la zone alpine centrale. En outre, la formation de nappes couchées

supposant l'action de nappes superposées qui auraient maintenu l'aplatissement des nappes inférieures pendant le mouvement en avant, on a fait observer à l'auteur que les couches supérieures, qu'il suppose enlevées par l'érosion, auraient bien dû lui rendre le service de laisser quelques témoins de leur existence antérieure.

Mais nous n'insisterons pas sur le côté faible de la théorie, car la valeur de celle-ci ne réside pas dans l'hypothèse qu'il a dû construire pour l'établir et l'expliquer. Nous préférons montrer combien la notion du chevauchement a éclairé le problème géologique alpin. On ne serait jamais parvenu à le résoudre si on avait continué à supposer les couches à l'état de repos et occupant encore la place où elles s'étaient déposées.

Si nous admettons les chevauchements alpins, il convient toutefois de ne pas oublier la conception des masses cristallines ou des horsts, dont M. Suess a montré l'existence, en même temps qu'il a fait ressortir le rôle important qu'ils ont joué dans la formation des chaînes alpines. L'action des horsts périphériques et, comme conséquence de celle-ci, le chevauchement des couches sédimentaires et le soulèvement concomitant, voilà les grands facteurs dont il faudra tenir compte pour tirer des conclusions exactes des travaux géologiques, tant stratigraphiques que tectoniques, qui s'accumulent dans des proportions effrayantes et qui ne pourront être utilisés que si on leur applique des principes généraux permettant de les coordonner et de les mettre à leur place dans l'histoire géologique du globe.

Avant de passer à l'application de ces vues à la géologie alpine, nous tenons à signaler les travaux si féconds de MM. Kilian, Haug et Termier sur les Alpes françaises et leurs importantes observations sur les chevauchements subalpins. Ils ont contribué, pour une grande part, à la démonstration de ce fait si important, que le chevauchement se fait périphériquement tout le long des Alpes, qu'il suit par conséquent une direction au Sud d'abord, et passant successivement au Sud-Ouest, à l'Ouest, au Nord-Ouest et au Nord, et nous verrons ce mouvement périphérique se propager en suivant la direction des Carpathes et des Alpes de Transylvanie.

D'un autre côté, leurs levés géologiques, venant se relier à ceux des géologues suisses, ont montré l'homologie remarquable qui règne tout le long du front des Alpes et qui, pour des dépôts du même âge, passe parfois à des identités de facies. Enfin, il existe une entité tectonique que M. Haug a surtout étudiée : celle du géosynclinal périalpin; il a montré les caractères océanographiques des différents dépôts qui

s'y sont déposés, reconstituant ainsi, au moins partiellement, l'histoire géologique de la région alpine avant le soulèvement de la chaîne tertiaire.

Pour les Alpes orientales et pour les Carpathes, nous devons rendre hommage aux travaux d'une érudition si remarquable et si consciencieuse de MM. Diener et Uhlig, sans le secours desquels il nous aurait été impossible de nous rendre compte de la structure de la partie orientale du groupe alpin. Et quant à nous, si nous nous permettons, dans ce grand débat, d'émettre timidement une opinion, ce n'est pas que nous croyions pouvoir nous mesurer avec ces savants éminents, mais en étudiant leurs travaux, nous avons été frappé par des faits qui paraissent avoir échappé à leur attention; et si nous nous permettons de les signaler, nous le faisons dans l'espoir qu'un géologue, disposant d'une science plus complète, voudra bien relever l'argument et le faire servir à la solution du problème.

Nous avons insisté tantôt sur l'importance des deux facteurs de la géologie alpine : les chevauchements et l'influence tectonique des massifs cristallins de la périphérie alpine. La forme de ces masses et leur position relative, si bien étudiées, au moins dans leurs contours superficiels, par M. Suess, permettent de déduire des conclusions sur la nature et sur la forme des chevauchements qui affectent les couches sédimentaires situées entre elles. Nous savons que ces masses présentent une certaine indépendance les unes des autres, qu'elles jouissent d'une certaine mobilité et que, par leur déplacement, elles peuvent réagir sur les couches voisines. M. Suess ne leur reconnaît, il est vrai, qu'une certaine force de résistance. Cependant, nous citerons, comme preuves de leur mobilité et de leur déplacement plus ou moins limité, la fracture des horsts rhénans, l'effondrement périphérique de leurs bords, les failles qui traversent tout le Plateau central, les transgressions marines qui ont envahi les horsts à plusieurs reprises, au moins en partie, et, comme conséquence de leur mobilité et de leur indépendance tectonique, nous constatons la situation géographique spéciale de l'Europe, composée d'îles sur son bord oriental et méridional et de presqu'îles se rattachant les unes aux autres plutôt qu'à une masse centrale; la Russie même ne fait pas exception à cette loi, car elle est bordée par quatre mers indépendantes, et elle ne communique avec les autres parties du continent et avec l'Asie que par des parties encore occupées par la mer à la fin du Tertiaire.

Cet état de morcellement si remarquable de l'Europe nous permet de nous rendre compte de l'état de division de son substratum cristallin,

et l'on peut dire que l'on ne rencontre guère de régions continentales aussi morcelées à la surface du globe. Il semble donc légitime de faire jouer un rôle actif aux horsts cristallins. Mais immédiatement nous nous butons contre l'idée si généralement reçue de la poussée des Alpes vers le Nord, ou mieux vers la périphérie, puisque l'arc alpin, étendant sa courbe spiralée convexe vers l'extérieur, semble s'opposer à l'idée de sa formation par suite d'une force périphérique dirigée vers les régions centrales. Ce sont surtout les chevauchements, dont M. Lugeon a si bien montré la réalité, qui semblent ne pas laisser de place pour une autre explication que celle qui nous montre les Alpes se modelant à la périphérie contre les horsts immobiles.

Mais c'est cette action, dirigée vers la périphérie, qui nous fait hésiter à accepter la théorie généralement admise. Très plausible pour une direction unique, elle cesse de nous satisfaire dès que nous nous rendons compte que la force périphérique, dirigée au Sud dans la région de Nice et de Gênes, au Sud-Ouest dans la Provence et plus loin à l'Ouest, au Nord-Ouest dans la Savoie, passe graduellement au Nord dans la Suisse et dans le Tyrol, puis de nouveau au Nord-Ouest dans les Carpathes occidentales, jusqu'au sommet de la courbe formée par cette chaîne, et à partir d'ici se porte à l'Est, pour achever le tour du cercle, à la rencontre des Carpathes orientales et des Alpes de Transylvanie. Nous ne parvenons pas à trouver de force tectonique qui, partant du centre de la zone alpine, puisse exercer son action suivant les différents rayons du cercle et paraisse, si nous pouvons en juger par la nature des chevauchements, produire des effets d'autant plus marqués qu'elle s'éloigne davantage de son centre. Devant cette difficulté, il nous a semblé qu'il fallait poser le problème sous une forme nouvelle.

L'action tangentielle, qui n'est que l'expression de la force contractile à la surface du globe, agit de toutes parts sur un point donné de celle-ci en se neutralisant; mais si cet équilibre vient à être rompu, les poussées se déchaînent de la périphérie vers le centre, et les forces tectoniques mises en jeu poussent devant elles les roches, de sorte que les plissements qui en résultent, avec les chevauchements et les fractures consécutives, constituent les chaînes de montagnes. Ceci revient à dire, pour les Alpes, que les massifs ou les horsts de la périphérie n'agissent pas comme môles résistants. Malgré leurs énormes dimensions, tant en profondeur qu'en surface, les forces tectoniques les mettent en mouvement, et bien que nous les voyions dominer l'histoire géologique des contrées qui les entourent, depuis les premiers temps de la sédimentation, le temps parvient à les affecter tout comme les masses

plus petites. Non seulement leurs dimensions se réduisent peu à peu par suite de l'effondrement des bords, mais le peu que nous savons de l'histoire de la formation des océans nous montre qu'ils finissent par disparaître peu à peu, recouverts d'abord par les flots de l'océan, puis par les couches sédimentaires qui se forment sans cesse pendant le cours de l'évolution de la surface terrestre. Car les horsts ne produisent pas seulement, par leur déplacement, le comblement des bassins profonds qui tendent à se former entre eux en faisant chevaucher les couches sédimentaires qui s'y sont déposées, mais ils servent aussi de support à de grandes étendues de ces mêmes couches qui, ici, gardent leur position de repos, souvent même presque tout à fait horizontales. Celles-ci se sont généralement déposées dans des bassins peu profonds et finissent par émerger au bout d'un temps relativement court; c'est alors que l'érosion subaérienne les attaque et peut les faire disparaître complètement, augmentant de cette façon l'importance des lacunes que l'on constate dans ces séries sédimentaires.

Mais, malgré toutes ces considérations, il n'en est pas moins vrai que les chevauchements du Flysch des Préalpes, du massif de la Brèche, des anticlinaux constatés loin en arrière dans la zone médiane des Alpes, sont dirigés vers la périphérie, et il semble que l'action périphérique des horsts cristallins vers la région centrale aurait dû renverser l'ordre de choses constaté dans toute l'étendue des Alpes; les masses cristallines auraient dû pousser tout l'ensemble alpin devant elles pour l'accumuler au centre. Cette manière de concevoir l'action des forces périphériques provient surtout de l'expression généralement acceptée, « la force tangentielle », donc mathématiquement parallèle à la surface du globe. Mais nous devons nous rappeler que cette force tangentielle n'est que l'expression de la force contractile du globe, combinée avec celle de la pesanteur; de sorte que la résultante ne sera pas exactement tangentielle, elle sera plus ou moins inclinée vers le centre de la terre, et les horsts cristallins de la périphérie, en tendant à se rapprocher, seront entraînés peu à peu dans une direction oblique au rayon terrestre correspondant. En même temps que les masses cristallines tendent à se rapprocher les unes des autres, les couches qui les recouvrent, pour suivre ce mouvement, se plissent et finissent par chevaucher les unes sur les autres, et le sens de ce mouvement de chevauchement est surtout dirigé vers la périphérie, parce que c'est de ce côté de la surface qu'il rencontre le moins de résistance. C'est ainsi que l'arc alpin, dans toute son étendue, depuis Gênes jusqu'à l'extrémité des Carpathes orientales, se trouve chevauché vers l'exté-

rieur, et c'est ainsi que le mouvement de chevauchement atteint son maximum d'effet à la périphérie; et même pour les Carpathes, comme nous le verrons plus loin, le mouvement de plissement est limité à la périphérie, n'occupant que la largeur de la bande montagneuse.

Nous dirons donc que le chevauchement alpin, provoqué par le rapprochement des horsts périphériques, s'est produit dans un sens contraire à la tendance centrale de ceux-ci, pendant qu'ils descendent plus profondément vers un centre commun; que ce mouvement des horsts, favorisé par des conditions que nous exposerons plus loin, est l'expression de la contraction géologique du globe, et nous ajouterons accessoirement que les masses sédimentaires couchées à la surface des tables cristallines ne participent pas aux plissements consécutifs aux mouvements, comme les couches sédimentaires situées entre les horsts, et celles-ci se soulèvent par suite du resserrement de l'espace qu'elles occupaient d'abord.

En résumé, les mouvements de plissement et de chevauchement des couches superficielles, l'action exercée sur celles-ci par les masses cristallines, peuvent s'expliquer par une action tectonique qui agit partout à la surface du globe et qui provient à la fois de l'action de la pesanteur et de la contraction des couches superficielles de la croûte terrestre sous l'effet du refroidissement géologique. On a souvent invoqué ce que l'on a appelé la force tangentielle, mais cette dénomination nous paraît inexacte, parce qu'elle n'exprime qu'une composante théorique de la force tectonique centripète, celle qui, agissant périphériquement de tous côtés sur une surface donnée, se neutralise par cela même, tandis qu'elle entre en jeu dès que l'équilibre est rompu; mais en même temps se produit l'action de la deuxième composante, celle à direction centripète, le long du rayon terrestre.

Pesanteur et contraction des couches superficielles; force tectonique prépondérante.

Quand on s'est mis à rechercher les causes qui ont présidé à la formation des Alpes, on s'est préoccupé tout d'abord du caractère qui frappe le plus, et l'on s'est demandé comment ces immenses masses ont été soulevées à de si grandes hauteurs. L'explication paraît d'autant plus difficile, que la théorie physique du globe nous montre comme force tectonique prépondérante l'action de la pesanteur jointe à celle de la contraction superficielle, et que celle-ci agit en sens inverse du soulèvement, c'est-à-dire vers le centre de la terre, le long de la direc-

tion du rayon terrestre. Nous savons, d'autre part, que c'est le refroidissement de l'écorce terrestre, en même temps que la pesanteur, qui produisent la contraction des couches refroidies. Si maintenant nous admettons que, par suite de circonstances qui restent à déterminer, un espace quelconque de la surface terrestre se refroidit plus rapidement, ou bien si en un point donné la contraction de l'écorce peut se faire plus facilement, l'équilibre des forces tangentielles, qui se neutralisait à la surface, sera rompu, et il s'y produira un tourbillon analogue à ceux que nous voyons se former à la surface des liquides en mouvement. Les parties superficielles de la surface seront entraînées vers le centre de la terre en suivant des lignes que nous pouvons comparer aux radiants d'un cyclone de l'atmosphère, et sur la surface intérieure de ce tourbillon, nous verrons se former des rides courbes se dirigeant toutes vers un centre commun.

Nous savons bien que ce schéma hypothétique ne se réalise nulle part d'une façon apparente à la surface terrestre, mais nous nous sommes demandé s'il n'existait pas une relation entre les affaissements, avec les effondrements consécutifs si importants qui se sont produits et se produisent encore à la surface de la terre, d'un côté, et les chaînes de montagnes qui sont situées dans leur voisinage, d'autre part. Ce sont ces relations que nous nous proposons de rechercher aujourd'hui, du moins en limitant ce problème, trop vaste, aux relations qui pourraient exister entre le système alpin et les affaissements de la région méditerranéenne voisine.

Fréquence et importance des affaissements alpins.

Lorsqu'on étudie les travaux des auteurs qui traitent de la géologie des Alpes, on constate qu'il est souvent question d'affaissements et d'effondrements, que ceux-ci se sont succédé à diverses époques, que la plupart se confondent par les bords, et qu'il est probable que la région alpine, ainsi que la région méditerranéenne, ont été de tout temps le siège d'affaissements lents, sinon d'effondrements brusques, et que ces derniers peuvent avoir succédé aux premiers. De l'étude de ces affaissements est résultée pour nous la conviction que le soulèvement des Alpes et les affaissements qui se sont produits, tant à l'intérieur de la région alpine qu'à sa périphérie, constituent deux ordres de phénomènes connexes et que tous deux dépendent de l'action de la pesanteur, ou, pour être plus précis, que c'est grâce à l'affaissement et à l'effondrement de certaines parties de la zone alpine, tant à son

centre qu'à sa périphérie, que le ridement alpin a pu se produire par suite du déplacement des parties non affaissées vers le centre des affaissements. Il nous a semblé que les géologues, qui nous ont fourni des renseignements si précieux sur les effondrements et les affaissements de la région alpine, n'ont pas suffisamment mis en lumière toute l'importance de ce facteur tectonique, et que l'étude systématique de celui-ci pourra contribuer à la solution du problème de la formation des Alpes.

On sait que celles-ci occupent le bord septentrional de la mer Méditerranée, mer ancienne, géologiquement parlant, et que celle-ci a été le siège, surtout à l'époque tertiaire, d'effondrements que nous pouvons reconnaître, encore aujourd'hui, comme des bassins séparés bathymétriquement et qui présentent encore tous des bords échancrés par des effondrements plus ou moins récents. Nous savons aussi que tous ces bassins n'ont pas le même âge, et les moins profonds sont ceux qui se trouvent dans le voisinage des Alpes. Ce sont ces bassins, maintenant presque entièrement comblés, qui ont joué le principal rôle dans la formation des Alpes. L'étendue de la mer Méditerranée et sa profondeur nous permettent d'affirmer que si l'érosion pouvait réduire l'emplacement des Alpes à l'état de pénéplaine, tous les matériaux qui en proviendraient ne pourraient combler qu'une faible partie du bassin marin, et, par conséquent, l'affaissement de la zone marine dépasse de beaucoup en importance celui du soulèvement des masses continentales.

Arc alpin.

Avant de décrire les affaissements, il convient de dire comment nous comprenons l'arc alpin que nous soumettons à l'étude, car on verra plus loin qu'il faut considérer le problème dans son ensemble pour pouvoir lui donner une solution rationnelle. L'arc alpin se compose de deux moitiés : les Alpes proprement dites et les Carpathes; les relations que ces deux groupes de chaînes présentent entre eux font supposer une origine commune. Les Alpes proprement dites se divisent généralement en Alpes occidentales, qui comprennent les Alpes franco-italiennes et les Alpes suisses, et les Alpes orientales, ou Alpes du Tyrol et de l'Autriche. Du côté oriental, nous trouvons les Carpathes proprement dites et les Alpes de Transylvanie. Si nous suivons le bord externe des Alpes occidentales, nous décrivons une courbe spirale qui commence à Gênes et vient aboutir à Vienne. A partir de ce point,

l'arc alpin, un instant interrompu, prend une ampleur plus grande, tout en se rétrécissant en largeur, jusqu'à ce que, brusquement, la chaîne des Alpes de Transylvanie se replie pour prendre une direction équatoriale d'abord, puis méridienne, pour aboutir au défilé du Danube, dans la plaine de Valachie. Chaque moitié du système alpin représente donc une moitié symétrique de l'autre, sauf que l'arc occidental est beaucoup plus petit que l'arc oriental. De chaque côté de l'arc vient se rattacher une chaîne secondaire, le Balkan Hemus du côté oriental, chaîne beaucoup plus ancienne que l'arc alpin, mais qui rentre cependant dans l'alignement du bourrelet plissé qui limite le continent au Sud vers la zone méditerranéenne. Le Balkan Hemus, coupé transversalement par la mer Noire, se continue, sous le niveau de celle-ci, par une côte très raide, qui descend de — 200 à — 1 000 mètres vers la chaîne basse de la Crimée et le Caucase. Du côté occidental, les Apennins, continuant d'abord l'inflexion en dedans de la chaîne alpine, se recourbent au Sud-Est à partir de Gênes pour s'incurver encore dans la Calabre et en Sicile, en contournant la mer Tyrrhénienne. Nous pouvons le dire dès maintenant, les deux extrémités de l'arc paraissent être les parties les plus récentes de la chaîne alpine, au moins dans sa forme actuelle, puisque les terrains pliocènes récents ont pris une grande part à leur plissement. Les Apennins s'étendent entre plusieurs affaissements; ceux au Nord-Est sont en partie comblés, ceux du Sud-Ouest, la mer Tyrrhénienne, sont beaucoup plus profonds.

Aux deux angles extrêmes de l'arc alpin proprement dit, c'est-à-dire dans l'angle intérieur formé par le recourbement brusque de l'arc, se trouve un pays montagneux, les collines de Turin pour le Piémont, les montagnes de Siebenbürgen pour les Carpathes.

A ces deux angles extrêmes, de chaque côté à l'extérieur de la chaîne, correspond une zone d'affaissement dans laquelle les pointes de l'arc alpin paraissent s'engager; ce sont la mer de Ligurie à l'Occident, l'affaissement moldo-valaque à l'Orient, prolongement, aujourd'hui comblé, de l'affaissement de la mer Noire.

Avant de passer à l'étude du rôle joué par les affaissements dans les plissements alpins, nous sommes heureux de pouvoir citer une phrase de l'éminent maître, M. Gosselet, que nous avons trouvée dans l'ouvrage de M. Suess, et qui se rapporte aux chevauchements du bassin houiller belge. « La cause du ridement réside dans l'affaissement des parties centrales du bassin et dans le relèvement relatif des bords avec glissement des couches les unes sur les autres. L'affaissement lui-même est une conséquence du retrait constant de la croûte terrestre. » Cette

phrase nous a servi de guide dans l'étude que nous avons faite des travaux des géologues qui se sont occupés de chevauchements, et il nous a semblé que ceux-ci ne tenaient pas assez compte de l'affaissement central du bassin au-dessus duquel le chevauchement s'était avancé. Nous nous proposons de passer en revue quelques exemples classiques de chevauchement et d'en déduire les conclusions qui nous paraissent de nature à éclairer la théorie de la formation des Alpes.

Pli du Beausset.

Prenons d'abord l'exemple, simple et classique, du pli du Beausset en Provence, cité par M. Marcel Bertrand. Sur la coupe longitudinale qu'il en a donnée, nous constatons un bassin central affaissé; le synclinal ainsi formé contient du Crétacé supérieur et de l'Éocène; ces couches ont été repliées dans le même sens que les couches carbonifères du bassin houiller belge, dont le fond du synclinal pointe au Sud. Par-dessus le synclinal, comblé et aplati, s'est avancé, venant du Sud, un pli couché constitué par les terrains du Muschelkalk, au centre de l'anticlinal revêtu par les marnes irisées et l'Infralias. Une faille inclinée au Sud sépare le synclinal et l'anticlinal. La cause de l'affaissement du bassin du Beausset nous paraît devoir être cherchée dans la proximité du bassin de la Méditerranée, qui constitue la zone d'attraction pour les affaissements périphériques; seulement, au moment où le pli du Beausset s'est formé, le prolongement occidental de la chaîne des Maures existait encore, et c'est lui qui a fourni la force de résistance ayant produit le refoulement du pli superficiel au-dessus du bassin d'affaissement vers le Nord. On retrouve du reste dans cette région les traces d'autres affaissements avec production de plis couchés. M. Marcel Bertrand cite quelques exemples remarquables de ces plis aux environs de Saint-Zacharie; il conclut que « la Provence est un pays plissé où les plis, parallèles en gros, à la bordure des Maures, décrivent une série de sinuosités, où chaque pli anticlinal se déverse sur le synclinal qui lui fait suite au Nord ». Vers l'Est, on constate la continuation de ces plissements et de ces chevauchements jusqu'aux environs de Draguignan, où l'influence de la chaîne des Maures, située au Sud, a pu se faire sentir dans la formation des plis dans la zone calcaire subalpine. En terminant, nous ferons observer que le pli couché du Beausset est resté simple et a gardé sa position horizontale, parce qu'il n'a rencontré devant lui aucune force de résistance agissant en sens contraire

PLI DU BEAUSSET

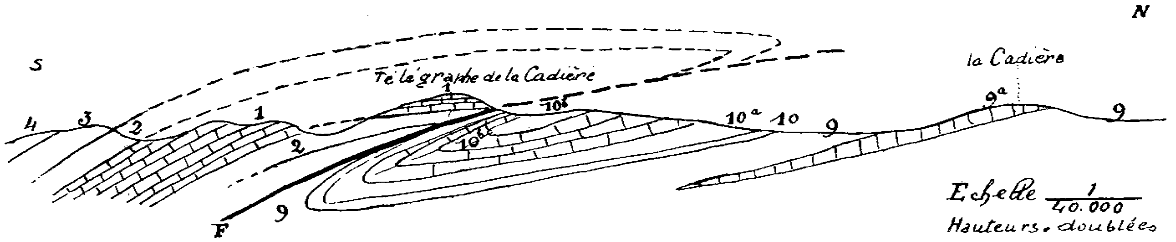


Fig. 2. — Coupe des lambeaux de recouvrement passant par le Télégraphe de la Cadière (d'après M. Bertrand).

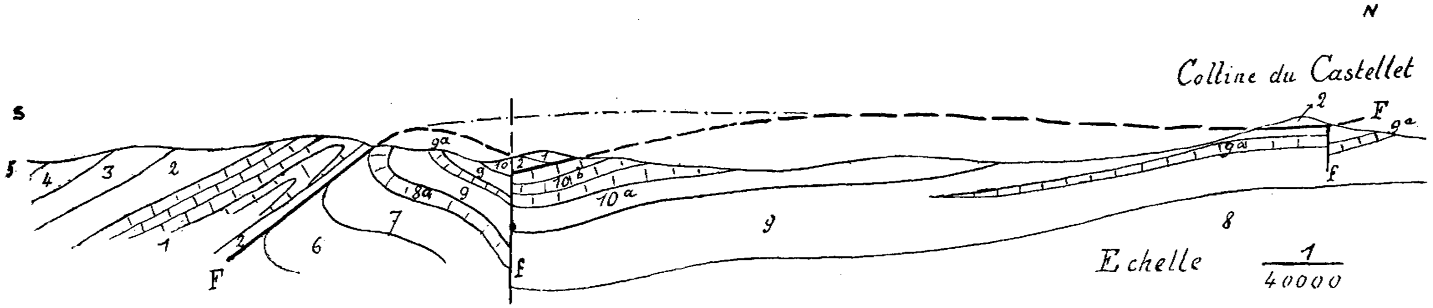


Fig. 3. — Coupe des lambeaux de recouvrement passant par la colline de Castellet (d'après M. Bertrand).

1. Muschelkalk.
2. Marnes irisées.
3. Infralias.
4. Lias.
5. Bajocien.
6. Néocomien et Urgonien.
7. Aptien.
8. Sables turoniens.

8^a. Calcaire à *Hippurites cornuvaccinum.*

9. Sénonien.

9^a Calcaire à Hippurites.

10^a. Valdonnien (couches à Mélanopsis).

10^b. Fuvelien (couches à Cyrènes).

FF. Grande faille.

ff. Failles secondaires.

de la poussée de la partie aujourd'hui effondrée des Maures, et il n'y a eu dès lors, de même que dans le bassin houiller, qu'un simple recouvrement du bassin affaissé.

Chevauchements de l'Atlas.

Passons maintenant à un autre exemple, qui se produit dans une région beaucoup plus étendue et où les conditions du chevauchement tectonique sont beaucoup plus compliquées. Il s'agit du contournement de l'Atlas par le détroit de Gibraltar et de son passage à la chaîne bétique. Nous suivrons, point par point, la description de M. Suess. Dans les chaînes du Nord de l'Afrique se suivent une série de zones parallèles : la première du côté de la mer est formée par une série d'îles volcaniques, la deuxième représentée par une série de presqu'îles présentant des lambeaux de fragments de gneiss, de granites et de schistes anciens. Les assises schisteuses sont recouvertes par des conglomérats et des grès de teinte rouge, que l'on a considérés comme carbonifères ou permiens. Puis on voit s'élever à une grande hauteur les bastions abrupts de la chaîne calcaire plissée qui s'étend au Sud jusqu'au Hodna et même jusqu'au Sahara. Nous voyons donc que la zone cristalline du côté de la mer a disparu presque complètement par effondrement; mais avant de disparaître, elle a contribué au plissement et à la poussée des couches calcaires au Sud ou vers l'intérieur des terres.

Nous trouvons ici des conditions qui rappellent celles du pli du Beausset, mais en disposition symétrique à un centre commun, la Méditerranée, qui sépare les deux zones d'affaissement. Des affleurements de roches volcaniques jalonnent le bord de l'effondrement qui, en Afrique, comme sur la côte occidentale de l'Italie, semble s'être décomposé en une série d'effondrements circulaires, les promontoires séparatifs représentant les derniers témoins de la zone ancienne.

Chevauchements bétiques.

Traversons maintenant le détroit vers la Cordillère bétique. Nous éloignant de la Méditerranée vers l'intérieur des terres, nous rencontrons d'abord une suite de formations volcaniques récentes, depuis le cap Gata jusqu'au cap de Patos, puis une bande dirigée Est-Nord-Est de schistes anciens, comprenant le massif de serpentine de la Serrania de Ronda et les roches anciennes qui l'accompagnent. L'élément le

plus remarquable de cette zone est la Sierra Nevada; elle s'étend de Malaga au cap de Patos. Puis vient une zone de calcaires mésozoïques et de dépôts éocènes qui se poursuivent du rocher de Gibraltar, où nous avons signalé une forte inflexion des couches, par la partie septentrionale de la Serrania de Ronda, et de la Sierra Sagra jusqu'à la province d'Alicante. Plus en dehors s'étendent les dépôts tertiaires plissés de la plaine du Guadalquivir, enfin vient le fleuve lui-même et de l'autre côté se dresse la Meseta. Nous avons ici, dit M. Suess, à quelques différences locales près, la même succession de zones que dans le Nord de l'Afrique. La chaîne bétique tourne vers la Méditerranée son bord interne effondré, le long duquel se sont fait jour des éruptions volcaniques; son bord externe plissé est tourné vers la Meseta.

Les travaux récents de MM. Douvillé et Nicklès sur la zone subbétique, ou zone des calcaires plissés, confirment les charriages du Sud au Nord depuis Jaën jusqu'au cap de la Nao. La zone plissée s'étend probablement sur une surface de 350 kilomètres de longueur et de près de 100 kilomètres de largeur, et la moitié au moins de cette surface présente les traces de charriage intense, dirigé du Sud au Nord. Nous attirons spécialement l'attention sur ce point qu'au Nord de l'affaissement méditerranéen le charriage est dirigé du Sud au Nord, alors que la zone plissée d'Afrique présente ses charriages dirigés en sens contraire, vers l'intérieur des terres, comme dit M. Suess.

Atlas algérien.

Nous passons maintenant à une description très intéressante, que M. Savornin vient de communiquer à l'Académie des Sciences de Paris, d'une partie de l'Atlas africain. Au Nord du Schott el Hodna, les deux chaînes qui constituent celui-ci, venant de l'Ouest, convergent pour former la chaîne unique qui se dirige vers la Tunisie et la Sicile. La chaîne méridionale, ou Atlas du Sahara, ne laisse voir que du Néocomien, du Turonien et du Sénonien; le Jurassique supérieur n'apparaît que dans quelques dômes plus accusés. L'Atlas du Tell, au Nord, a une structure beaucoup plus compliquée et présente la série de tous les étages connus, depuis les schistes les plus anciens jusqu'au Pliocène le plus récent. Au Nord de l'Hodna, on rencontre l'Éocène et le Miocène inférieur, alors qu'on ne le rencontre plus vers le Sud. Le Miocène inférieur, appelé ici Cartennien et qui correspond au premier étage méditerranéen de M. Suess, débute constamment par une formation

littorale, ce qui a permis à M. Savornin de reconnaître les contours du rivage de la mer miocène inférieure. Il a pu établir que la constitution des dépôts sédimentaires supérieurs décèle leur déposition dans un synclinal en voie d'affaissement continu. Or, ce Miocène inférieur, ou Cartennien, participe à des plissements considérables, tout en étant superposé à la structure, relativement simple, qui est commune aux deux chaînes du Sahara, mais se retrouvant intacte dans la chaîne méridionale ou Atlas du Sahara. Dans l'Atlas du Tell, les anciens plissements ont été déformés, exagérés, et en outre il y a eu des chevauchements considérables. Au Sud du massif à chevauchements, les dépôts miocènes sont restés absolument tranquilles, et l'on y voit le rivage de la première invasion marine presque exactement repéré par la courbe de 1 000 mètres.

Il y a donc eu ici deux affaissements successifs : le premier a eu lieu du Crétacé supérieur à l'Éocène inférieur, puis, sur le bord de cette même formation géosynclinale, entre l'Atlas du Sahara au Sud et l'Atlas du Tell au Nord, au Miocène inférieur (Cartennien), une nouvelle phase d'affaissement central vers le Nord, dans la Méditerranée actuelle, a produit le rétrécissement de la zone géosynclinale, une série de fractures et de chevauchements qui ont affecté la formation du Miocène inférieur, pendant que, de leur côté, le Sénonien et l'Éocène, affectés surtout dans la région du Tell, ont couché leurs plis vers le Sud, par suite de l'affaissement au Nord et recouvrant ainsi la zone d'affaissement périphérique ou le géosynclinal situé entre le Tell et l'Atlas du Sahara. En même temps, le bord le plus éloigné de la zone centrale s'est relevé, et, aujourd'hui encore, la ligne de 1 000 mètres indique la première invasion marine, sénonienne-éocène.

Nous avons tenu à résumer ce travail si intéressant, parce qu'il nous montre jusqu'où s'étend, au Sud de la Méditerranée, la zone d'activité tectonique qui, pendant le Miocène, a produit, au Nord du bassin d'affaissement, le soulèvement de l'arc alpin. Il nous permet aussi de conclure que les plissements et les chevauchements de la zone géosynclinale qui sépare les deux chaînes de montagnes et s'étend jusqu'au Maroc, sont dirigés au Sud. Leur disposition est donc symétrique de celle de la zone subbétique au Nord de la Méditerranée.

Affaissements entre l'Espagne, le Maroc et l'Algérie.

Si, maintenant, nous étudions la partie de la Méditerranée située entre l'Espagne au Nord, le Maroc et l'Algérie au Sud, par conséquent

à l'intérieur de l'ellipse décrite par le contournement de la chaîne africaine, passant à la chaîne bétique au Nord, nous trouvons un bassin elliptique, à grand axe transversal à la direction méridienne, profond de 1 000 mètres et séparé du bassin situé plus à l'Est et beaucoup plus étendu par un mur sous-marin plus ou moins bien conservé, s'étendant du cap de Très Forcas au Maroc, passant par les îles volcaniques Alboran et continuant jusqu'à la Punta de las Sentinas dans la province de Grenade. Le bassin situé à l'Est est beaucoup plus étendu et moins bien délimité ; entre l'Algérie au Sud et les provinces de Grenade et de Murcie au Nord, il présente la même profondeur de 1 000 mètres. Ici une conclusion s'est imposée : c'est que nous avons affaire à un bassin d'effondrement, et dans ce cas la description de M. Suess, que nous avons résumée plus haut, montre que nous aurions ici un vaste cratère volcanique effondré, sur le bord duquel les massifs anciens de schistes cristallins sont presque complètement détruits par l'effondrement. Le bassin d'effondrement, du reste, paraît avoir été double. Des roches éruptives se sont fait jour par la déchirure du bord. Au Nord et au Sud de l'affaissement, et probablement sur tout son pourtour, un affaissement périphérique ou une fosse géosynclinale s'était formée. Par suite des progrès de l'affaissement, la force tangentielle des masses cristallines périphériques a produit le rapprochement des bords de la fosse géosynclinale périphérique, et par le chevauchement des couches sédimentaires qui s'y étaient déposées, la fosse s'est comblée peu à peu et la fosse centrale finirait par se combler à son tour si de nouveaux affaissements ne viennent pas augmenter l'étendue et la profondeur de la zone marine. Nous pouvons maintenant nous expliquer pourquoi les chevauchements bétiques sont poussés au Nord, tandis que les chevauchements africains tendent au Sud. La direction transversale au méridien de l'axe du bassin d'affaissement nous montre qu'il subit surtout la poussée Nord-Sud et que, à l'Est et à l'Ouest, ce sont les effondrements plus récents qui se sont produits. L'évolution tectonique de ce bassin se continue encore de nos jours, les sismes y sont fréquents, et nous rappellerons que le tremblement de terre de Lisbonne, quoique se rapportant à un autre bassin maritime, a eu son siège non loin du détroit de Gibraltar, et il y a à peine quelques mois que des tremblements de terre ont encore été signalés dans la baie d'Algesiras.

Tunnel de Bötzberg.

Allons chercher un nouvel exemple de tectonique alpine dans la zone alpine elle-même. Nous suivons, encore une fois, la description de M. Suess d'après un travail spécial de M. Moesch. Il s'agit du Bötzberg, qui est traversé par un tunnel de la ligne Bâle-Zurich, tout près du passage de l'Aar à travers le Jura. Nous rencontrons ici un synclinal de molasse miocène, dont le fond a été entraîné, comme le pli du Beausset, vers le Sud, dans la direction du fond du géosynclinal périalpin aujourd'hui comblé et représentant le plateau suisse; celui-ci à son tour ne représente qu'un affaissement périphérique à la zone centrale d'affaissement, la Méditerranée. Ce synclinal aplati repose sur le Jurassique supérieur en place sur le Jurassique moyen. La surface supérieure du synclinal aplati a été chevauchée, dans la direction du Nord, par le Jurassique moyen renversé sous le Jurassique supérieur, et celui-ci à son tour est chevauché par le Lias et le Trias, qui gardent leur parallélisme stratigraphique, offrant des exemples de chevauchements très compliqués, mais répondant, en général, à la disposition synclinale du Jurassique moyen et supérieur, ce dernier ayant servi de bassin synclinal aux formations miocènes.

Nous nous trouvons ici sur la lisière septentrionale du Jura, dont la chaîne la plus extérieure se présente sous la forme d'une voûte déjetée au Nord et reposant sur le bord du plateau jurassien par l'intermédiaire d'une série de couches renversées, la molasse miocène se trouvant ainsi pincée comme une sorte de ruban entre l'anticlinal déversé du Sud au Nord et le plateau qui s'incline doucement en sens inverse.

La région périphérique, ou région des plateaux, est occupée également par le Jurassique, qui forme ici et plus à l'Est du massif du Schwarzwald ce que l'on a appelé le *Tafeljura* ou Jura des plateaux, par opposition au *Kettenjura* ou Jura plissé. Nous nous trouvons donc ici au Nord de la limite de la région du plissement, au moins à partir de la période de formation des dépôts mésozoïques. La partie périphérique a gardé, comme dans les plateaux de Souabe et de Franconie, la position plus ou moins horizontale, et malgré l'affaissement considérable qui s'est produit dans ces régions, il n'y a pas eu chevauchement des couches superficielles; le massif du Schwarzwald et le massif de Bohême ont gardé leur position respective, comme le prouve l'absence de déplacement tangentiel des couches qui se trouvent entre eux à la superficie du sol. On a constaté, il est vrai, sur les bords du massif de

Bohême, des chevauchements des couches superficielles après le Crétacé, mais ils sont trop peu importants pour en tenir compte ici.

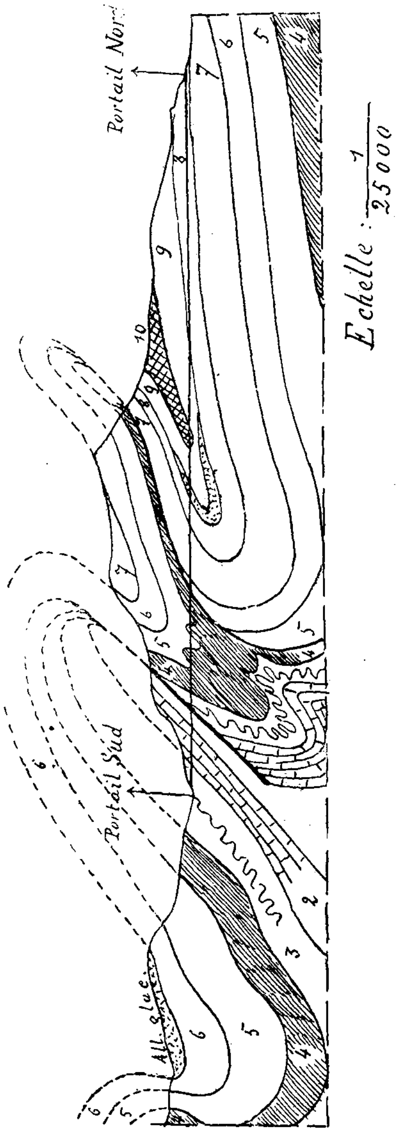


Fig. 4. — Profil du Jura par le tunnel du Bötzberg (d'après F. Mühlberg).

1. Sel et anhydride.
2. Muschelkalk.
3. Keuper et Lettenkohle.
4. Couches à *Opalinus* et Lias.
5. Dogger inférieur. } Jurassique moyen.
6. — supérieur. } Jurassique moyen.
7. Malm inférieur. } Jurassique supérieur.
8. — supérieur. } Jurassique supérieur.
9. Molasse inférieure.
10. — supérieure.

Cette opposition brusque entre le Jura plissé et le Jura tabulaire mérite d'attirer spécialement notre attention. Les dépôts jurassiques couchés sur les horsts cristallins qui entourent la zone alpine sont restés en repos sur ceux-ci. Les dépôts plus au Sud ont été impliqués dans les mouvements dont la zone alpine a été le siège et ont subi,

comme elle, les plissements parallèles à la direction des lignes tectoniques alpines.

Nous avons déjà, grâce au travail de M. Savornin, constaté une situation analogue au Sud de la Méditerranée. L'Atlas du Tell marque la limite méridionale de l'activité de plissements tectoniques au Miocène inférieur ou Cartennien, celui-ci correspondant à la phase finale de la période de formation tertiaire des Alpes. Plus au Sud du Tell, il y a bien eu quelques bombements crétacés éocènes, mais le mouvement était arrêté lors de la formation des Alpes, et il est probable que plus au Sud de l'Atlas, au Sahara, on retrouverait un régime de repos depuis le Mésozoïque, sinon depuis plus longtemps, analogue à celui du Jura tabulaire du Schwarzwald et de la Souabe. Nous voyons donc que, depuis ces régions au Nord jusqu'au Sahara, nous traversons une zone où l'activité tectonique a été intense depuis le Mésozoïque jusqu'à la fin de la période tertiaire et même jusqu'à nos jours. Depuis l'époque carbonifère, cette activité est allée en augmentant jusqu'au Miocène, époque finale du soulèvement des Alpes. Elle s'est traduite, pour ces dernières, par des plissements, des chevauchements, des soulèvements de chaînes de montagnes, mais à côté il y a eu des mouvements d'affaissement et d'effondrement beaucoup plus importants en étendue et en profondeur que le mouvement, plus apparent, des massifs soulevés et resserrés, et ce dernier n'est que la conséquence des mouvements qui, spécialement dans cette zone méditerranéenne, tendent vers le centre de la terre sous l'effort de la pesanteur et de la contraction continuelle de l'écorce terrestre.

Bassins d'affaissement méditerranéens et alpins.

Passons maintenant en revue les bassins d'affaissement de la zone méditerranéenne d'abord, et ensuite ceux qui sont en contact immédiat avec la zone alpine. On est généralement d'accord pour considérer la Méditerranée comme un ensemble de bassins d'affaissement. Ils ne présentent pas tous la même étendue ni la même profondeur. Ils sont du reste constamment en voie de formation et de disparition, c'est-à-dire que l'affaissement d'un côté, la sédimentation et le chevauchement de l'autre, se neutralisent mutuellement et ont maintenu l'existence de l'océan méditerranéen depuis les temps géologiques les plus reculés. Il résulte de ces transformations continuelles une certaine difficulté d'identifier les différents bassins d'affaissement pendant une durée géologique donnée, et l'on peut admettre que pendant leur

existence comme bassins maritimes, leurs bords sont constamment en voie de transformation. D'un autre côté, les bassins voisins ont une tendance à se confondre. Nous croyons que leur étude fournira des résultats très importants pour l'avancement de la science géologique.

Lorsque les auteurs qui s'occupent de géologie alpine mentionnent les affaissements, ils les considèrent généralement comme postérieurs aux mouvements de soulèvement des Alpes; et, en effet, les dépôts stratigraphiques accumulés dans ces bassins indiquent souvent un âge postérieur à ces mouvements tectoniques. On pourrait d'abord objecter que les dépôts qui se sont formés en premier lieu, entraînés au fond, ont été complètement recouverts; mais nous avons un autre argument à faire valoir. L'affaissement part de la profondeur et se propage peu à peu à la surface, par suite du déplacement des masses mobiles profondes. Il s'écoule un temps relativement considérable avant que la surface ne soit affectée, et les effets ne consisteront pas tout d'abord en des effondrements. Il est plus probable que le plissement et le chevauchement vers le centre du bassin affaissé précéderont l'effondrement, qui constitue ce que l'on pourrait appeler la période catastrophique du processus, et ce dernier ne paraît pas devoir se produire dans tous les cas, car il exige pour sa formation une grande extension des dimensions du bassin effondré, tant en surface qu'en profondeur.

La *mer de Ligurie*, qui n'est que le prolongement de la mer Méditerranée occidentale, pousse un golfe profond de 2000 mètres jusqu'au voisinage de Gênes, et, sur une carte géographique ordinaire, on peut déjà se rendre compte que l'effondrement ligurien a empiété à la fois sur la chaîne alpine et sur la zone des Apennins. D'après les travaux de M. Tornquist, nous pouvons conclure que cette mer est due à l'effondrement de l'ancienne chaîne des Maures qui se dirigeait vers le golfe de Gênes, ainsi que de la chaîne, de même constitution géologique, qui forme le bord occidental de la Corse et le bord oriental de la Sardaigne. Il y aurait donc eu là deux chaînes effondrées, qui se rejoignaient au golfe de Gênes; aujourd'hui encore, la ligne des profondeurs de 2000 mètres va tout droit de l'extrémité septentrionale de la Corse à la ville de Gênes et constitue le rivage oriental sous-marin du bassin profond de la mer de Ligurie.

La *mer Tyrrhénienne* est beaucoup mieux délimitée que la mer de Ligurie. La ligne de 1000 mètres suit très exactement le rivage de la Sardaigne, de la Corse, de l'île d'Elbe, de l'Italie et de la Sicile. Sur tout ce bord, on constate les traces de manifestations volcaniques, en grande partie éteintes pour le moment; cependant le Vésuve et les

volcans des îles Lipari sont encore en activité de nos jours. Ce bassin présente sa profondeur maxima de 3 750 mètres vers le centre du bassin et sur l'intersection des rayons qui se rendent au Vésuve et aux volcans des îles Lipari. Sur tout le pourtour, et principalement du côté de l'Italie et de la Sicile, on constate des golfes dont les courbes régulières empiètent sur les terres et indiquent des effondrements récents, et nous montrent que le bassin tend toujours à s'augmenter.

La *mer Ionienne* est située de l'autre côté de la chaîne des Apennins et du massif submergé qui fait communiquer la Sicile avec l'Afrique. Elle occupe la partie centrale de la Méditerranée et présente aussi les plus grandes profondeurs (4 000 mètres) ; elle communique librement avec la Méditerranée orientale, et avec l'Adriatique, par le détroit d'Otrante, dont la profondeur n'atteint pas 1 000 mètres. L'Etna occupe son rivage occidental.

Affaissements de l'intérieur de l'arc alpin.

Au Nord de ces affaissements océaniques, on rencontre un bassin que l'on pourrait appeler continental, d'abord parce qu'il est situé à l'intérieur du continent, ensuite parce qu'il ne présente pas les grandes profondeurs des autres bassins méditerranéens. On pourrait donc dire que l'Italie ne représente pas une péninsule au sens géologique du mot, puisque la mer Adriatique qui la sépare de la Vénétie et de la Dalmatie est presque comblée, du moins dans sa partie septentrionale; jusqu'au mont Gargano, la profondeur atteint à peine 100 mètres, sauf sur une petite zone transversale de 200 mètres de profondeur. Entre le mont Gargano et le canal d'Otrante, il y a une profondeur de 1 000 mètres. Au Nord, par contre, sur la ligne qui joint la presqu'île de l'Istrie au mont Conero, la profondeur ne descend pas en dessous de 50 mètres. Mais cette zone d'affaissement a été beaucoup plus étendue et plus profonde autrefois; elle se prolongeait par le Piémont, la Lombardie et la Vénétie jusque tout contre les Alpes. La mer du Flysch y a laissé ses dépôts, et sur son bord septentrional on trouve une zone de calcaires plissés, fracturés et chevauchant vers l'intérieur, auxquels M. Suess a donné le nom de système des Dinarides, par opposition au système alpin. Ce système des Dinarides remonte à l'époque mésozoïque et nous montre que l'affaissement adriatique, au moins par ses prolongements septentrionaux, existait très longtemps avant le Tertiaire, et qu'il présentait un âge correspondant à celui de la fosse périalpine extérieure. On trouve sur le

rivage de cette mer mésozoïque des Dinarides, des dépôts houillers terrestres, mais, depuis le Trias, le Jurassique et le Crétacé inférieur, l'évolution de la zone d'affaissement interne a été la même que dans la zone d'affaissement périphérique. De part et d'autre, l'affaissement a suivi des oscillations répétées, et vers la fin de l'époque mésozoïque, une première réaction s'est produite : les murs qui séparaient l'affaissement central de l'affaissement périphérique ont cédé, il y a eu un premier resserrement accompagné de chevauchement, et les Dinarides se sont formés autour des deux affaissements centraux, celui du Piémont-Lombardie et celui de la Vénétie. Mais l'affaissement, un moment arrêté vers le Crétacé supérieur par suite du comblement momentané des bassins par les chevauchements, n'a pas tardé à reprendre avec une nouvelle vigueur, et c'est alors qu'avec la transgression oligocène, et même avant, a commencé la mer du Flysch; le mouvement s'est tellement exagéré que la période catastrophique a débuté, pendant laquelle les Alpes ont été plissées et soulevées à l'état où nous les voyons aujourd'hui. Le système des Dinarides, situé sur les bords de l'affaissement tertiaire, a naturellement participé à ce nouveau mouvement; les fractures, les chevauchements et les transformations métamorphiques s'y sont produits sur une grande échelle, en même temps que la plus grande partie du système était entraînée sous les dépôts tertiaires. Cependant les parties restées accessibles à l'étude géologique présentent encore deux systèmes de plissement distincts, et concentriques chacun autour d'un bassin d'affaissement ou d'effondrement, les deux ayant été confondus sous un nom commun. Nous distinguons l'affaissement du Piémont et de la Lombardie de celui de la Vénétie, et nous préférons réserver le nom d'affaissement adriatique récent à un bassin d'affaissement situé au Sud des deux premiers, constituant aujourd'hui la zone plus profonde de la mer Adriatique actuelle, affaissement qui s'est effectué après le soulèvement des Alpes aux dépens du plateau dalmatique.

Lorsqu'on étudie une carte géologique des Alpes, on voit que la zone calcaire interne des Alpes est représentée par deux croissants se confondant par une pointe commune qui s'avance, par un prolongement de formations volcaniques tertiaires, entre la Vénétie et la Lombardie, dans la direction de l'embouchure du Pô. La zone dinaridique lombarde est beaucoup moins étendue que la zone calcaire interne des Alpes vénitiennes. L'une et l'autre s'enfoncent sous les dépôts sédimentaires de la plaine du Pô, mais le croissant lombard est beaucoup plus réduit en superficie que le croissant vénitien, qui fait encore le tour de l'Adria-

tique. Le croissant lombard a perdu toute sa partie orientale, et nous verrons plus loin la description d'autres phénomènes, relatifs à la zone médiane des Alpes, qui remontent aux mêmes causes. Nous pouvons conclure de ce qui précède que le bassin d'affaissement intra-alpin remonte au début du Mésozoïque tout au moins, et que sur ses bords se sont formés le système des Dinarides d'abord, puis, au Tertiaire, le système alpin qui entoure périphériquement le premier. Les Dinarides ont, en grande partie, disparu dans l'affaissement intra-alpin, il n'en reste plus que les couches superficielles périphériques, qui constituent la zone calcaire interne des Alpes actuelles; il est vrai que certaines parties de la zone médiane, que nous retrouvons maintenant à l'état métamorphisé, se rattachent également au système ancien; ce qui revient à dire que seuls les mouvements tectoniques dinarique et alpin ont une existence indépendante, mais que les matériaux sur lesquels ils ont opéré peuvent être les mêmes, au moins en partie. Il est probable que le premier chevauchement a amené un rétrécissement concentrique dans les zones d'affaissement et que celles du centre, d'abord plus ou moins circulaires, ont pris peu à peu la forme elliptique. Le même mouvement s'est répété au Tertiaire, mais, au rétrécissement dans le sens du méridien, est venu se joindre un recourbement du grand axe de l'ellipse, que nous retrouvons maintenant recourbée sur elle-même; ce qui tendrait à démontrer que la compression a été également dirigée dans le sens équatorial et que les deux zones d'affaissement ont été poussées l'une contre l'autre en se confondant par leur bord commun. Pour finir, nous signalerons que la profondeur des deux bassins devait être considérable et qu'elle dépassait probablement la profondeur de la Méditerranée actuelle.

M. Suess a longuement décrit ce qu'il appelle l'affaissement adriatique, et que nous préférons désigner sous le nom d'affaissement vénitien. Il a décrit les failles qui l'entourent; les chevauchements existant encore aujourd'hui sont relativement peu importants, mais les fractures périphériques forment une sorte de cirque à gradins, dont la hauteur dépasse 2 000 mètres. Il est probable que les résultats de l'affaissement de la période mésozoïque se confondent plus ou moins avec ceux de l'affaissement tertiaire, car, sur les cartes géologiques, les arcs indiquent les chevauchements des chaînes calcaires, interrompus dans la plaine par les dépôts récents, et il nous est impossible de dire aujourd'hui combien de ces plissements ont disparu à tout jamais sous les recouvrements tertiaires.

En somme, nous pouvons admettre qu'il y a eu sur l'emplacement

du bassin vénitien deux affaissements ou deux séries d'affaissements, les uns remontant au Mésozoïque et les autres au Tertiaire, et il est probable que, plus tard, le mouvement a continué, mais avec moins d'intensité après la formation de la chaîne alpine, et que cette dernière phase s'est traduite par la formation de l'Adriatique actuelle, au moins pour la partie qui correspond au plateau de Dalmatie.

A l'Ouest de la plaine de Vénétie, nous rencontrons une autre plaine qui se présente également sous forme de surface elliptique plus ou moins recourbée, et qui se confond avec la première par son bord oriental : c'est la *plaine du Pô,* qui recouvre l'affaissement de la Lombardie et du Piémont, aujourd'hui tout à fait comblé, alors que l'affaissement vénitien est encore recouvert en partie par les eaux de la mer Adriatique, qui, il est vrai, ne présentent ici qu'une profondeur de 50 mètres.

La séparation qui doit avoir existé autrefois entre les deux bassins est aujourd'hui encore indiquée par l'éperon constitué par les volcans tertiaires du Vicentin, les Colli Berici et les monts Euganéens; le restant du mur volcanique s'est probablement affaissé au fond de la partie commune à l'affaissement vénitien et à l'affaissement lombard. La disposition de la bande calcaire mésozoïque autour de l'affaissement de la Lombardie indique également que celle-ci s'est déposée dans un bassin indépendant du bassin vénitien, mais la plus grande partie de ces dépôts a disparu dans les affaissements consécutifs. La bande calcaire va en se rétrécissant graduellement depuis le lac de Garde jusqu'à la Sésia. Nous verrons plus loin que les dispositions des massifs éruptifs qui sont arrangés concentriquement autour de chacune des deux parties de la zone calcaire interne ne font que confirmer l'indépendance tectonique des deux zones, la Vénétie et le Piémont-Lombardie. Dans le triangle formé par la rencontre des deux croissants calcaires, les fractures et les lignes directrices de la zone vénitienne prédominent, mais on peut aussi y constater les directions du bord périphérique de l'affaissement lombard; c'est ainsi que la faille de Schio, qui limite si nettement à l'Est le massif calcaire volcanique du Vicentin de la plaine tertiaire de Castel Gomberto, suit plutôt la direction du bord lombard, et M. Fuchs a constaté, entre Brescia et le lac de Garde, un système de failles très compliquées qui se coupent sous des angles plus ou moins aigus et indiquent les directions de chaque bord. Nous reviendrons plus loin sur le bord occidental de l'affaissement lombard, qui ne présente plus son intégrité complète et qui a été également modifié par des effondrements postérieurs. En

conclusion, nous sommes arrivé à admettre l'existence de deux affaissements alpins intérieurs : l'affaissement piémontais-lombard pour les Alpes occidentales et l'affaissement vénitien pour les Alpes orientales.

Nous avons encore à décrire l'affaissement adriatique récent : la mer actuelle, très peu profonde au Nord, ne présente guère des profondeurs de 1 000 mètres que vers le détroit d'Otrante. Il est probable que pendant le Tertiaire, cette région faisait encore partie du plateau dalmate, car sur le rivage italien de la mer Adriatique on rencontre, près d'Ancône, le mont Conero, et dans l'Apulie, le mont Gargano, isolés au milieu des plaines tertiaires présentant la même constitution géologique que le plateau dalmate et contenant des restes de la faune et de la flore quaternaires de celui-ci. L'affaissement ou l'effondrement qui a séparé ces deux témoins du continent dalmate aurait donc eu lieu après le Tertiaire, longtemps après la phase de soulèvement des Alpes, et on peut encore reconnaître le mur sous-marin qui limite ce troisième bassin adriatique au Sud. Il part du mont Gargano et passe par les îles Tremiti, Pélagosa, Lagossa, Melleda, vers la Dalmatie.

Ceci admis, où faut-il chercher la communication des affaissements septentrionaux vers la Méditerranée tertiaire? La nature des dépôts qui recouvrent le versant oriental des Apennins nous montre qu'il existait sur cette ligne un géosynclinal qui se prolongeait par les plaines de l'Apulie jusqu'à la mer Ionienne. Ce géosynclinal, aujourd'hui comblé et effondré sur sa partie septentrionale par l'envahissement de l'effondrement adriatique quaternaire, présente des chevauchements jusqu'au mont Gargano et à la partie correspondante de l'Adriatique, où la profondeur atteint à peine 200 mètres, tandis qu'en face de l'Apulie, restée à l'état de plaine, les profondeurs atteignent 1 000 mètres, disposées en forme de bassin elliptique, dont le grand axe se confond avec l'axe général de l'Adriatique.

La communication par le géosynclinal d'Apulie a donc été supprimée par le soulèvement de la chaîne des Apennins; la mer Adriatique elle-même a continué à se combler dans sa partie supérieure, et ce n'est que par des affaissements postérieurs, voisins de la mer Ionienne, que les eaux de la mer Méditerranée ont pu pénétrer de nouveau à l'intérieur de l'arc alpin.

De tout cela, il résulte pour nous que la mer Adriatique actuelle, avec les plaines qui en dépendent, s'est formée par une série d'affaissements d'âges différents, qu'elle s'est comblée au Nord par le resserrement alpin, tandis qu'elle continue probablement à s'approfondir vers le

Sud ; nous sommes tenté de dire que l'Adriatique a été chevauchée au Nord-Est, en dehors de l'emplacement qu'elle occupait autrefois dans le géosynclinal du versant oriental des Apennins. Quant aux affaissements de la Lombardie, du Piémont et de la Vénétie, nous croyons pouvoir affirmer qu'ils occupaient au début de l'époque tertiaire une portion de la surface terrestre beaucoup plus considérable qu'aujourd'hui, que leur forme et leur profondeur ont été modifiées et, enfin, que, par suite de la période d'approfondissement rapide, survenue dès le commencement de l'époque tertiaire, et aussi par suite de la réaction des masses périphériques, sont survenus le resserrement de la zone alpine et le soulèvement des Alpes.

Affaissements de la plaine hongroise.

La moitié orientale de la région entourée par l'arc alpin, tel que nous l'avons défini plus haut, comprend la plaine hongroise, avec les massifs montagneux qui s'y rencontrent. Là également nous observons une zone d'affaissement qui vient rencontrer le bord oriental des Alpes orientales, et l'on dit généralement que les zones alpines se sont effondrées sous la plaine. Outre l'affaissement central de la Hongrie, on constate sur le bord alpin, en allant du Nord au Sud, l'affaissement du bassin de Vienne, et ici la séparation, très nette, est établie par la ligne thermale de Vienne, puis l'affaissement d'Oedenbourg et, enfin, ce qu'on a appelé le golfe de Graz. Ces deux derniers correspondent à la zone médiane des Alpes. Au Sud, la zone calcaire interne présente à sa périphérie des affaissements qui l'envahissent graduellement : ce sont l'affaissement de Laibach et celui d'Agram, qui correspondent aux bassins de la Save. On voit qu'ici la série des bassins d'affaissement occupe la totalité de la région située à l'intérieur de l'arc alpin et que les quelques chaînons isolés que l'on y rencontre se trouvent séparés par des plaines très étendues; ce n'est qu'à la périphérie, près du bord intérieur de l'arc alpin, que les chaînes tendent à se rejoindre et à se confondre avec ce dernier. Nous rencontrons ici une situation qui ressemble à celle que les Alpes, à l'Occident, auront présenté à leur début. Si les affaissements signalés tantôt continuent à s'accentuer, les chaînons intermédiaires s'accuseront en se resserrant, ils se soulèveront et finiront par ne former qu'un massif avec l'arc de la périphérie. Pendant que les resserrements suivent leur cours, les chevauchements des matières sédimentaires recouvriront le travail profond, si bien entendu la mer a pu envahir de nouveau le bassin

d'affaissement et si les produits de l'érosion, devenue plus active par suite du soulèvement nouveau des masses restées émergées, peuvent ainsi s'accumuler au fond des eaux et suivre, grâce à la plasticité, les progrès continus de l'approfondissement des synclinaux, et ensuite du rapprochement de leurs flancs.

On retrouve dans la plaine hongroise les dépôts mésozoïques recouverts presque totalement par le Tertiaire. La mer de cette époque a suivi ici les nombreuses oscillations positives et négatives que l'on a pu établir pour les régions avoisinantes. Elle ne s'est retirée définitivement qu'après le Vindobonien ou deuxième Étage méditerranéen, donc après la période de soulèvement des Alpes, et les oscillations subséquentes n'ont plus eu pour effet que de laisser se former des dépôts lagunaires plus ou moins importants et en partie enlevés plus tard par l'érosion, là où ils n'étaient pas recouverts par d'autres formations. Le rétrécissement de la zone carpathique paraît se ralentir depuis le Miocène, et l'activité tectonique s'est plutôt manifestée par des éruptions volcaniques, dont les dépôts présentent, pour cette période, les massifs les plus étendus de l'Europe, et par des fractures d'une longueur énorme, qui traversent la plaine et les montagnes et suivent surtout le bord intérieur de l'arc des Carpathes.

L'affaissement central hongrois est occupé par le cours du Danube, depuis le coude qu'il forme à son passage à travers le Bakonyerwald jusqu'au confluent de la Save, et par la Theiss, dont le cours présente un parallélisme remarquable avec la partie correspondante du Danube. Ce bassin est incontestablement le bassin le plus étendu de la région alpine, mais, placé entre la chaîne de montagnes Bakonyerwald, Bukkgebirge au Nord-Ouest et le bord oriental du massif du Siebenbürgen, il semble déjà avoir subi un rétrécissement. Il est entouré sur son bord occidental par une série de bassins secondaires qui recouvrent par leurs dépôts tertiaires le bord oriental des Alpes. Le bassin central est séparé de ces bassins secondaires par une ligne d'éruption volcanique, qui s'est formée après l'époque du deuxième Étage méditerranéen, pendant la période lagunaire sarmatique, donc après le retrait de la mer Vindobonienne. Nous devons signaler spécialement l'affaissement du bassin de Vienne, qui interrompt sur une certaine étendue, au Nord-Est de Vienne, la continuation de l'arc alpin périphérique et occupe toute la largeur de la zone du Flysch ou grès de Vienne et la zone calcaire périphérique. Mais l'importance de celui-ci réside surtout dans le fait que c'est par cette lacune que communiquent les eaux des bassins hongrois et styrien, situés à l'intérieur de l'arc alpin, avec celles du géosynclinal périalpin.

Géosynclinal périalpin.

Ce géosynclinal périalpin s'étendait depuis la région de Nice, où il se continuait vers la Méditerranée sur tout le pourtour de la zone où devait s'élever le massif alpin, jusqu'en Galicie et en Bukovine, où il communiquait avec la région où devaient plus tard se développer les immenses lagunes, depuis l'emplacement actuel de la mer Noire jusqu'aux lacs Aralo-Caspiens. Cette mer périphérique, limitée partout vers l'extérieur par les horsts si magistralement décrits par M. Suess, occupait un espace beaucoup plus étendu que celui où affleurent aujourd'hui ses dépôts, dans la Provence, le Dauphiné, le Jura, le plateau suisse, la Souabe et la Franconie, le plateau bavarois, la Moravie, le Sud de la Pologne et de la Russie, la Galicie et la Bukovine. Par suite de la pression périphérique vers l'affaissement central intra-alpin, elle s'est peu à peu transformée en géosynclinal périalpin. Au commencement de la période tertiaire, nous y trouvons encore la mer du Flysch, et lors du resserrement et du soulèvement alpin, il s'est comblé presque complètement par les dépôts miocènes, mais surtout par le chevauchement du bord Sud ou interne vers le bord périphérique; ce n'est que plus tard, après quelques oscillations, que la mer miocène a été définitivement repoussée du pourtour des Alpes. C'est à l'existence de cette fosse périalpine, tout autant qu'à l'affaissement central, que nous devons la formation des Alpes; les sédiments que nous trouvons maintenant sur les hauteurs alpines, des deux côtés du mur médian de la chaîne, ont pu, pendant le Mésozoïque et le Tertiaire, s'accumuler dans les profondeurs qui se reformaient continuellement, et c'est par l'aplatissement de ce synclinal qu'ont pu se produire le chevauchement et le soulèvement des masses restées jusqu'alors sous les eaux, en grande partie du moins, et par conséquent présentant encore un très grand degré de plasticité. C'est ainsi que nous nous expliquons, au moins en partie, les contournements si compliqués des couches sédimentaires qui constituent les Préalpes et les Alpes calcaires.

Nous terminons cette description des affaissements alpins par une comparaison qui nous permettra de mieux montrer comment nous comprenons la formation des Alpes.

Dans la même zone méditerranéenne dont elles font partie, nous rencontrons, entre les deux Amériques, la mer des Antilles, qui se trouve pour nous dans une situation analogue à celle où se trouvait la zone alpine à la fin du Crétacé et au commencement du Tertiaire, au moment

où le resserrement alpin allait débuter. M. Suess a souvent insisté sur l'analogie qui existe entre la région des Antilles et la région méditerranéenne, mais, pour nous, cette ressemblance va encore beaucoup plus loin. Nous ne voyons, dans l'état actuel des Antilles, qu'un stade antérieur à celui où se trouve actuellement la zone alpine. Les deux régions font partie de la zone méditerranéenne, qui fait le tour du globe, et qui présente des conditions tectoniques spéciales sur lesquelles nous reviendrons plus tard. Sous l'influence de ce processus tectonique, nous voyons les archipels des Antilles s'affaisser peu à peu, tout en fournissant les couches sédimentaires qui s'accumulent sur le bord des géosynclinaux qui les séparent. Plus tard surviendra une période de spasme tectonique, dirai-je, où les crêtes des îles se rapprocheront les unes des autres et se soulèveront en chaînes de montagnes disposées concentriquement autour d'un affaissement central, pour former les Alpes des Antilles.

Zones et chaînes alpines.

Nous avons donc passé en revue les affaissements que nous pouvons encore reconnaître dans la zone alpine et dans la région qui l'entoure au Sud, et nous avons essayé de faire ressortir les rapports entre les bassins d'affaissement et les chaînes de montagnes qui les bordent. Passons maintenant une revue rapide de celles-ci depuis Gênes jusqu'à la Podolie et aux Balkans. Dans cet exposé, nous suivrons surtout le résumé si complet de la géologie des Alpes que nous a donné M. Diener, ainsi que les cartes tectoniques qu'il a jointes à ses deux volumes sur les Alpes occidentales et sur les Alpes orientales.

Alpes occidentales.

Pour la facilité de la description, nous distinguerons, de même que beaucoup d'auteurs, trois zones; ce sont : les deux zones calcaires, la zone calcaire périphérique qui comprend en outre la zone périphérique en partie non plissée formée par le Flysch et la Molasse, et la zone calcaire interne, enfin, entre les deux, la zone médiane ou cristalline. Chaque zone se divise en une série de bandes secondaires, dont nous chercherons surtout à établir le parallélisme et à reconnaître l'indépendance tectonique plus ou moins marquée.

La zone calcaire périphérique, souvent nommée zone subalpine, comprend une série de massifs isolés, disposés sur le pourtour des

Alpes; ce sont, à partir de la Méditerranée, les Alpes calcaires maritimes, les Alpes du Dauphiné; nous y rattachons également la chaîne externe du Jura. A partir de la Savoie, nous savons, grâce surtout aux travaux de M. Lugeon, que les choses se compliquent; devant les hautes chaînes calcaires qui constituent l'analogue des Alpes du Dauphiné, nous trouvons une série de chaînes courbes disposées en guirlande et présentant chacune des plis concentriques plus ou moins parallèles entre eux; cet ensemble a été désigné sous le nom de Préalpes romandes, et celui-ci est circonscrit vers l'extérieur par une courbe de moindre importance, qui constitue l'anticlinal de la Molasse. Celle-ci s'inscrit à l'intérieur du Jura et chacune de ces deux dernières chaînes tectoniques, Jura et anticlinaux de la Molasse, occupait le bord du géosynclinal alpin, alors que le resserrement alpin parvenait à le combler. L'ensemble des courbes de la zone calcaire périphérique se porte au Nord-Est pour se continuer vers le Prätigau, le Rhätikon et le Bregenzer-Wald.

C'est dans la zone calcaire externe que les chevauchements sont les plus étendus et les plus faciles à constater. Les courbes secondaires qui en résultent se disposent en guirlandes autour de la zone médiane, et c'est cette dernière qui indique plutôt la vraie direction des plissements que la pression a fait subir à la chaîne alpine. La disposition périphérique des guirlandes indique bien, il est vrai, que l'action a été périphérique et que les masses de cette zone ont été portées du dedans vers le dehors, mais nous n'en concluons pas que pour toute la largeur et l'épaisseur du massif, la direction du mouvement ait été la même. Il y a eu poussée vers l'extérieur des masses périphériques situées sur le bord interne du géosynclinal périalpin, poussée qui a pu s'exercer périphériquement, grâce au vide présenté par celui-ci, mais pour le reste de la chaîne, la poussée s'exerçait surtout dans la profondeur, en dessous et en sens inverse des masses chevauchées vers l'extérieur. Cette poussée principale, venant des masses cristallines périphériques, était dirigée vers le centre de l'affaissement, et c'est ainsi, grâce à la disposition périphérique de cette poussée vers le centre, que les roches se sont disposées en voûte couchée horizontalement autour de la fosse d'effondrement et ont pu de cette façon résister plus ou moins à la poussée qui les entraînait vers le centre dans la profondeur. En tout cas, nous pouvons reconnaître que les chevauchements calcaires périphériques, quoique dirigés vers l'extérieur, sont disposés concentriquement autour de l'affaissement piémontais-lombard.

La zone médiane cristalline présente les plus hauts sommets des

Alpes. M. Diener y distingue la bande du mont Blanc, la bande des schistes lustrés et la bande du Monte Rosa située plus à l'intérieur, limitée de ce côté par une bande spéciale qui présente un très grand intérêt tectonique : c'est la bande d'amphibolite d'Ivrée. M. Termier, qui a le mieux étudié la bande des schistes lustrés, paraît confondre celle-ci avec la bande du Monte Rosa. Pour lui, elle est constituée par ce qu'il appelle les séries compréhensives, c'est-à-dire par des successions de dépôts sédimentaires qui vont du Trias jusqu'à l'Éocène et qui ont subi plus ou moins profondément des modifications métamorphiques. Celles ci ont contribué à leur faire donner autrefois un âge beaucoup plus ancien que celui qu'on leur a découvert aujourd'hui. On savait que cette bande présentait également des chevauchements très marqués vers la périphérie, et la percée des tunnels qui traversent les Alpes y a fait constater des plis anticlinaux dirigés vers le Nord qui vont jusqu'à la rencontre des massifs cristallins de la bande du mont Blanc. Il faudra en conclure qu'il y a eu, ici également, un synclinal où les dépôts sédimentaires se sont accumulés et que la pression du resserrement alpin a également fait chevaucher les masses vers la périphérie ou du côté de la moindre résistance, du moins en superficie.

La bande du mont Blanc qui court parallèlement au bord externe de la bande des schistes lustrés doit être considérée comme la zone tectonique la plus importante des Alpes; elle présente les sommets les plus hauts dont les noyaux cristallins, d'origine la plus profonde, ont servi de centre à la formation des masses qui constituent les chaînes alpines. Les travaux stratigraphiques ont toujours tendu à considérer cette bande comme une bande anticlinale, qui aurait presque constamment dominé le niveau des mers alpines. Les travaux tectoniques récents tendent à lui enlever cette importance, mais il faut reconnaître qu'elle constitue la manifestation la plus intense des forces tectoniques qui ont resserré et soulevé les Alpes. C'est la masse imposante de celle-ci qui a surtout subi les effets profonds de ces forces, et elle a pu, jusqu'à un certain point, leur offrir de la résistance et déterminer ainsi les mouvements de pression secondaire subis par les masses plus superficielles situées en avant et en arrière d'elle. Il faut donc considérer la direction de ses lignes alpines principales comme indiquant le mieux la direction des poussées subies par les roches qui constituent le massif alpin. Nous verrons plus loin que cette direction est parallèle au bord interne de l'ensemble des massifs cristallins disposés autour de la région alpine. C'est aussi à l'extérieur de la bande du mont Blanc qu'était situé le

géosynclinal périalpin, auquel nous attribuons un si grand rôle dans les chevauchements calcaires vers l'extérieur. La bande du mont Blanc est constituée par une série de massifs plus ou moins isolés, qui sont, depuis la Méditerranée, le Mercantour, ou massif cristallin des Alpes maritimes, le Pelvoux et les Grandes-Rousses, situés sur une ligne dirigée au Nord-Ouest, puis la bande de Belledonne, qui court au Nord-Est, puis le mont Blanc avec les Aiguilles-Rouges, dédoublement du premier, et obliquant encore au Nord-Est sa direction jusqu'au delà du Rhône, où elle se termine momentanément par la Dent-de-Morcles. Ici, il y a une lacune occupée par les montagnes calcaires des Diablerets et du Wildstrübel, les masses cristallines disparaissant dans la profondeur jusqu'au massif du Finsteraarhorn et du Saint-Gothard, et ensuite la bande cristalline est cachée sous les chevauchements des Alpes orientales. Sur tout ce long parcours, la bande reste parallèle au bord périphérique de l'affaissement lombard. Interrompue au col de Tenda, par les dépôts mésozoïques et tertiaires en chevauchements dirigés au Sud, elle s'effondre sous eux, dans le golfe de Gênes.

Entre le Mercantour et le Pelvoux, une large baie laisse communiquer la bande des schistes lustrés avec la zone des chevauchements calcaires externes, qui se sont exercés ici sur de longues distances. Enfin, entre la Dent-de-Morcles et le massif du Finsteraarhorn se trouvent les nappes couchées que M. Lugeon a si bien décrites, s'avançant très loin en avant et recouvertes, sur leur bord au moins, par les Préalpes et les massifs de la Brèche.

Sur le bord interne de la zone médiane, on rencontre la bande d'amphibolite d'Ivrée. M. Diener l'a définie très clairement : « Elle se présente sous forme de bande étroite, formée en partie par des couches de roches éruptives, en partie par des couches de hornblende stratifiées qui accompagnent la bande de la Valteline, située plus à l'intérieur depuis Ivrée, jusqu'au cours inférieur de l'Adda. Les deux bords de cette bande d'amphibolite sont formés par des fosses d'effondrement, et l'on peut considérer l'ensemble comme une bande affaissée de l'écorce terrestre ». Il est probable qu'elle se prolonge jusqu'à la rencontre de l'Adamello, massif éruptif qui fait partie des Alpes orientales. Cette bande si caractéristique présente, mieux que toute autre, la direction du bord périphérique de l'affaissement lombard, et nous devons faire ressortir l'analogie qu'elle présente avec les cercles de matières éruptives que nous voyons si souvent constituer le bord des cratères volcaniques effondrés. Cependant, cette bande ne suit pas, dans sa partie occidentale, le bord de la plaine du Pô, ou elle y disparaît

complètement sous les dépôts récents de celle-ci. Nous rencontrons donc ici une exception à la règle du parallélisme des bandes tectoniques et des bords périphériques des affaissements. De même, la bande du Monte Rosa et la bande des schistes lustrés présentent ici une réduction de leur largeur; elles semblent comme échancrées par l'affaissement. L'explication de cette anomalie nous paraît se trouver dans la formation d'un effondrement postérieur, qui a entamé la partie interne de la bande de la zone médiane, de même que nous verrons plus loin les bandes de la zone calcaire interne disparaître presque entièrement de ce côté. Il y a donc eu ici effondrement postérieur à la formation de la bande éruptive et des bandes de la zone médiane, situées plus à l'extérieur. M. Termier considère, avec raison, nous semble-t-il, que l'âge de la formation de la bande d'amphibolite d'Ivrée est antérieur à celui de la formation alpine; il nous paraît probable qu'il faut le faire remonter jusqu'à la formation du système dinarique, et qu'il a contribué, plus tard, à la métamorphose de la bande des schistes lustrés. Celle-ci s'est trouvée dans le voisinage des masses éruptives profondes, dont nous ne voyons aujourd'hui que le bord superficiel, et plus tard, lorsque le mur éruptif s'est durci, les roches déjà métamorphosées, et probablement déjà chevauchées vers l'extérieur, ont encore subi une nouvelle compression entre le mur cristallin de la bande du mont Blanc et le mur de la bande d'amphibolite.

A l'intérieur de celui-ci, nous rencontrons les restes d'une bande autrefois beaucoup plus large et faisant le tour de l'affaissement piémontais-lombard, mais qui, de même que les bandes internes de la zone médiane, a disparu presque totalement dans l'affaissement. Les masses calcaires qui la constituent présentent des failles très importantes et des plissements et des chevauchements qui tous sont dirigés vers l'intérieur. Il est probable que les lacs importants qui traversent cette zone se rattachent, par leur origine, à des systèmes de fractures radiales en rapport avec les mouvements tectoniques que la région a subis ultérieurement. C'est, du reste, par des fractures de même nature que nous pourrons expliquer également la formation dans la bande du mont Blanc, du bassin de la Durance-Ubaye, le cours du Rhône depuis Martigny jusqu'au lac de Genève, le lac de Thoune, certaines parties du lac des Quatre-Cantons et le lac de Zurich avec le Walensee.

C'est au Sud de ces derniers que nous rencontrons une région dont la tectonique a été beaucoup discutée : nous voulons parler de la

région synclinale, occupée par le Flysch, qui forme les Alpes glaronnaises. Suivant les vues générales que nous nous sommes faites sur la formation des Alpes, nous y trouvons une région synclinale à direction parallèle au géosynclinal périalpin et constituant peut-être un synclinal secondaire de celui-ci. Le double pli des Alpes glaronnaises, étudié par M. Heim, ne serait que l'expression de la poussée du horst périphérique du Schwarzwald au Nord, contre la résistance du mur cristallin de la bande du mont Blanc, agissant chacun de son côté sur le bord correspondant du synclinal. C'est ainsi également que nous pouvons nous expliquer les anticlinaux de la molasse avec leurs masses si importantes du Rigi et du Speer, et ceux de la chaîne périphérique, qui présente des massifs aussi importants que le Pilatus et le Sentis.

Nous nous trouvons ici sur l'extrémité de la bande du mont Blanc, dominée par le massif du Tödi, au point où elle disparaît dans la profondeur, sous les dépôts tertiaires. Ceux-ci, d'après MM. Suess et von Mojsisovics, se sont accumulés dans un affaissement qui s'étend jusqu'au Prätigau. Nous verrons plus loin, lors de la description des Alpes orientales, que cet affaissement a donné lieu à des chevauchements très importants qui nous masquent la continuation des lignes directrices, jusqu'ici si régulières, que nous avons constatées dans les trois zones des Alpes occidentales.

Alpes orientales.

Lorsque nous suivons les lignes directrices des Alpes occidentales vers le Nord-Est, dans la zone médiane, nous rencontrons sur la rive gauche du Tessin, au val Blegno, le long du Rhin moyen, puis le long de la ligne d'érosion que le fleuve a tracée plus bas dans les nappes du Falknis et du Rhätikon, des lignes directrices dont la courbure coupe obliquement la direction précédente, atteignant successivement la bande du Monte Rosa, la bande du mont Blanc et la plus grande partie de la zone du Flysch et des calcaires. Le sommet de l'ensemble des systèmes de courbes concentriques est dirigé au Nord-Ouest. Nous pouvons y distinguer le massif de l'Adula, qui coupe la bande du Monte Rosa, le massif de la Silvretta, qui s'avance sur le Prätigau et le Rhätikon, et celui-ci à son tour déborde sur la zone calcaire. Sur la carte des lignes directrices que nous donne M. Diener, nous rencontrons une direction double, l'une, très arquée, coupant la direction générale des lignes des Alpes occidentales et paraissant chevaucher au-dessus

d'elles, l'autre suivant cette même direction vers le Nord-Est. C'est ainsi que nous voyons la bande de la Valteline, située derrière la bande d'amphibolite d'Ivrée, marcher d'abord parallèlement à celle-ci, puis suivre la courbe des chevauchements orientaux. Le massif de la Bernina indique la même direction double. Le massif de l'Adula constitue une simple courbe de chevauchement. Enfin, le massif de la Silvretta et celui du Rhätikon, avec son prolongement dans les Lechtaler Alpen, parallèles entre eux, indiquent aussi la constitution double et dirigée dans le même sens que les autres. Derrière les lignes directrices de ces massifs se dessine la faille de la Judicaria, qui circonscrit l'affaissement vénitien. Nous voyons donc les relations qui existent entre cette faille et les courbes de chevauchement, comme nous les avons appelées, et, en outre, nous constaterons que, pour les parties qui échappent à cette influence, la direction primitivement constatée dans les Alpes occidentales reprend son cours, et celle-ci nous indique, en somme, l'axe du géosynclinal périalpin vers lequel les masses supérieures de la zone calcaire et même les couches superficielles de la zone médiane ont été chevauchées. Les masses qui constituent le massif de l'Adula, en partie celles de la Silvretta, de la Valteline et du Rhätikon, ont débordé à l'Ouest sur les Alpes occidentales, où s'est formé l'affaissement du Prätigau, et c'est ainsi que nou nous expliquons la complication apparente des lignes directrices à la rencontre des deux zones d'influence de l'affaissement lombard et de l'affaissement vénitien, tandis que plus à l'extérieur, où les chevauchements vers le géosynclinal périalpin ont pu se faire d'une manière régulière sur tout le front des Alpes actuelles, les lignes directrices conservent, depuis le plateau suisse jusqu'à la rencontre du massif de Bohême, leur marche régulière au Nord-Est; ce dernier intervient à son tour, et nous verrons qu'il fait sentir son influence non seulement jusque dans la zone calcaire, mais jusque très loin dans la zone médiane.

Le massif de l'Ortler est constitué par une accumulation de couches triasiques, et celles-ci paraissent avoir recouvert autrefois toute la zone médiane, faisant ainsi communiquer la zone calcaire interne avec la zone calcaire externe, probablement avant le soulèvement des Alpes. Il est difficile de dire dès maintenant jusqu'à quel point une partie de ces couches triasiques a subi la métamorphose des schistes lustrés, et si ce sont elles que l'on retrouve aujourd'hui, sous forme de gneiss phylliteux et autres nappes cristallines qui entrent dans la constitution de la zone médiane. Il en est de même pour les phyllites calcaro-argi-

leux de la Basse-Engadine, qui réunissent le massif de la Silvretta à celui de l'Oetztal. A partir de cette région, la zone médiane se rétrécit considérablement, et nous arrivons à la dépression par où passe la voie du Brenner.

Nous rencontrons encore ici des lambeaux de Trias nord-alpin. Sur ce méridien, nous avons atteint le sommet de la courbe formée par la Judicaria et de son empiétement sur la zone médiane. A la limite des deux zones, calcaire interne et zone médiane, se trouve le massif éruptif important qui s'étend depuis Méran jusqu'à Brüneck. Ensuite, nous voyons les deux bords de la zone médiane s'écarter peu à peu et circonscrire une série de massifs cristallins très importants, formés par des noyaux intrusifs venus de la profondeur et recouverts par des schistes cristallins. Ces massifs granitiques, ainsi que la partie rétrécie de la zone médiane, sont situés entre l'affaissement vénitien circonscrit par la Judicaria et l'affaissement de Souabe au Nord. La tendance au rapprochement de ces deux bassins d'affaissement nous explique le rétrécissement de la zone médiane, en même temps que le soulèvement des laccolithes, beaucoup plus importants ici que partout ailleurs dans les Alpes, peut être attribué à la poussée isostasique des masses affaissées au Nord et au Sud.

Jusqu'au Grossglockner, pilier oriental du massif des Hohe Tauern, nous voyons les lignes directrices, peu accentuées, il est vrai, suivre la direction Nord-Est, parallèle à celle de la partie correspondante de la ligne de la Judicaria. Les Westliche Tauern, le massif éruptif du Riesenferner, l'« Antholzer Masse », suivent, par leur grand axe, cette même direction. Plus vers la périphérie, le Pinzgauermittelgebirge, le Tauerngraben, le Pinzgau gardent le même parallélisme, qui, d'un côté, est devenu ici la direction des lignes périphériques de la chaîne alpine, en même temps qu'il occupe le sommet de la courbe décrite par les éléments périphériques à l'affaissement vénitien, de sorte que toute la largeur de la zone médiane est occupée ici par ces lignes concentriques.

Nous traversons ensuite une zone de dépression radiale, analogue à celle du Brenner, et, à partir de cette ligne, nous pouvons constater que les axes des massifs et les lignes directrices qu'on y distingue se recourbent peu à peu au Sud, pour garder le parallélisme avec le prolongement de la ligne de la Judicaria, constitué par la chaîne Carnique, les Karawanken et le Weitensteinergebirge. La seule partie de la zone médiane qui n'est pas affectée par ces lignes concentriques est une bande étroite, qui court le long du bord interne de la zone calcaire

périphérique, appelée zone des terrains de transition ou des Grauwacke. A l'intérieur de celle-ci, disposés en ligne concentrique, nous trouvons, vers l'Est, les massifs suivants : la Schladminger Masse, les Radstädter Tauern, constitués par des masses triasiques, le Hochalm, le dernier des massifs à noyau intrusif; en face de celui-ci le Bundschuh Masse avec les Stangalpen, ces dernières formées de couches carbonifères, et enfin, en se rapprochant du bassin de Klagenfurt, les Sau Alpen, formées par du Trias reposant sur des schistes cristallins. En même temps, nous constatons que la zone médiane s'est considérablement élargie.

L'arc tectonique que nous venons de décrire, concentrique à la ligne de la Judicaria, et par conséquent à l'affaissement vénitien, a été désigné par Diener sous le nom d'arc de la chaîne des Tauern ; Vacek, de son côté, lui a donné le nom d'arc styrien méridional, pour le distinguer d'un autre arc, l'arc styrien septentrional. Celui-ci occupe la partie de la zone médiane non occupée par l'arc des Tauern, entre celui-ci et le bord oriental des Alpes. L'arc styrien septentrional, ou arc des Carpathes, comme Diener a proposé de l'appeler, est surtout indiqué par une courbe tectonique qui se dirige de Rottenmann au Sud-Est vers Leoben, puis se relève de 90° vers Brück et le Semmering pour se confondre avec la ligne des thermes du bassin de Vienne, qui termine si nettement la zone calcaire périphérique des Alpes orientales. Les massifs de cette partie de la zone médiane sont disposés le long de cette courbe. On a fait ressortir le parallélisme qui existe entre la courbe Rottenmann-Leoben-Semmering-Mödling-Bisamberg et le bord périphérique du massif de Bohême, et Diener ajoute que les directrices de la partie correspondante de la zone calcaire suivent la même direction. Nous retrouvons donc ici l'influence du horst périphérique, et nous pouvons dire que toute la zone médiane des Alpes orientales indique, par ses directrices, une influence double : au Sud, celle du bassin d'affaissement vénitien, au Nord, celle du horst périphérique de Bohême, qui représentent les deux facteurs que nous avons invoqués pour la formation de l'ensemble du système alpin : le horst périphérique et l'affaissement central.

Si nous comparons la zone médiane des Alpes orientales à celle des Alpes occidentales, nous constatons que la disposition et la nature des terrains sédimentaires ne sont pas tout à fait les mêmes des deux côtés. De part et d'autre, le Trias joue un grand rôle, mais il prédomine surtout dans les Alpes orientales, où il paraît avoir recouvert toute la zone médiane, présentant ici le caractère nord-alpin, dont la limite au

Sud se trouve le long de la chaîne de la Drave (Drauzug de Diener); il n'est séparé du Trias sud-alpin que par une bande très étroite de roches cristallines. Cette formation se rencontre aujourd'hui en vastes lambeaux isolés, dans lesquels on observe aussi du Jurassique et même du Crétacique inférieur, mais beaucoup moins qu'en Suisse et dans les Alpes françaises. Le Tertiaire ancien n'est représenté que par du Nummulitique sur le bord septentrional de la zone. Par contre, la partie orientale a été envahie par les mers miocènes orientales, le long de certains bassins dus à des affaissements, ainsi que dans des dépressions radiales ou transversales, qui traversent toute la largeur de la zone médiane. D'un autre côté, plus nous avancons à l'Est, plus les roches sédimentaires profondes qui font partie de la constitution des chaînes des Alpes présentent un âge avancé; c'est ainsi que nous rencontrons le Carbonifère dans le Stangalpe, le Devonien sur le bord oriental de la zone, passant à ce que l'on a appelé le golfe de Graz, le Silurien à Eisenerz, et nous verrons plus loin que ces mêmes terrains paléozoïques constituent la plus grande partie du sous-sol de la plaine hongroise.

De tout cela, il paraît résulter que la région occupée actuellement par la zone médiane des Alpes a été couverte par la mer jusqu'après le Trias, au moins dans sa plus grande partie, mais après cette époque, l'émersion est allée en augmentant jusqu'au Jurassique et au Crétacé inférieur. Ce n'est que vers le bord oriental que nous rencontrons des dépôts marins indiquant l'invasion de mers tertiaires, surtout miocènes. Nous savons, par contre, que la mer du Flysch a laissé des dépôts beaucoup plus importants jusque tout contre la bande du mont Blanc, et que les dépôts éocènes métamorphiques font partie de la zone des schistes lustrés.

Quant aux plissements des Alpes orientales, ils sont en général moins prononcés que ceux des Alpes occidentales, et ils vont en diminuant à mesure que l'on arrive sur le bord oriental des Alpes, où ils disparaissent presque complètement sous les dépôts tertiaires de la plaine styrienne. Les chevauchements des plis sont dirigés au Nord, dans la zone du Flysch, et dans la plus grande partie de la zone calcaire, jusque tout près de son bord méridional. Pour la bande Sud de cette zone et pour la zone médiane, les chevauchements sont dirigés tantôt au Nord, tantôt au Sud, d'après les différentes chaînes. Ce n'est qu'à partir de la chaîne carnique (Drauzug) que les chevauchements se portent définitivement au Sud, et c'est dans cette même direction que sont dirigés les chevauchements, peu prononcés, il est vrai, de la zone

calcaire interne, mais peu à peu la direction générale devient ici concentrique à l'affaissement vénitien. Si, avec MM. Lugeon, Haug et Termier, nous devons admettre que le Trias a été chevauché du Sud au Nord depuis cette même zone interne, nous devons dire, d'un autre côté, qu'il n'en est pas de même pour les terrains plus profonds, et que ceux-ci paraissent avoir obéi à l'influence de zones locales d'affaissement, vers lesquelles les chevauchements ont été poussés. En tout cas, la zone médiane a été resserrée, dans sa partie occidentale et méridionale, parallèlement à l'affaissement vénitien, et dans sa partie orientale et septentrionale, elle s'est moulée sur le massif de Bohême; mais au delà, vers l'Est, le resserrement est beaucoup moins prononcé, et nous arrivons peu à peu à l'état de choses indiqué par la virgation des chaînons encore enterrés sous la plaine hongroise.

Les Carpathes.

Les Carpathes, avec les plaines de la Hongrie, de la Basse-Styrie, ainsi que les régions calcaires qui bordent l'Adriatique au Nord-Est, forment pour nous le troisième groupe du système alpin. Ici les chaînes de montagnes ne sont pas serrées les unes contre les autres, comme nous l'avons vu dans les Alpes proprement dites, et le seul caractère orogénique qui relie l'ensemble nous est fourni par l'arc des Carpathes et des Alpes de Transylvanie, que l'on peut considérer comme le prolongement de l'arc alpin extérieur. Tout autour des Carpathes et dans les plaines qui s'étendent à l'intérieur, la mer miocène a encore existé après la phase principale du plissement alpin, mais elle a fini par se dessécher en passant par le stade lagunaire. Partout on constate des traces d'affaissements étendus, de même qu'à l'extérieur de l'arc des Carpathes a existé un géosynclinal périphérique, prolongement de celui qui entoure les Alpes depuis Nice jusqu'à Vienne, et, comme lui, il est occupé par les grès du Flysch carpathique datant du Crétacé supérieur et du Tertiaire ancien, ainsi que par les dépôts de la mer miocène. La bande de Flysch et des dépôts miocènes suit la direction du bord Sud-Est du massif de Bohême, puis recouvre le bord des Sudètes et des dépôts mésozoïques qui recouvrent celles-ci, jusqu'aux montagnes de Sandomir, suivant la ligne de fracture de la Vistule, puis, se retournant au Sud-Est, vient s'appuyer sur le bord de la Plateforme russe.

A l'intérieur de cette zone périphérique du Flysch, on ne retrouve plus la division si bien marquée de la région des Alpes en trois zones

distinctes; seules la zone externe du Flysch et la zone calcaire interne ou méridionale, qui contourne l'affaissement vénitien, conservent jusqu'à un certain degré leur indépendance tectonique. Quant à la région située entre les deux zones bordières : celle qui devrait correspondre à la zone cristalline médiane des Alpes orientales et à la zone calcaire périphérique, nous y voyons cette dernière disparaître brusquement, coupée par la ligne tectonique que l'on a appelée la ligne thermale de Vienne. Cependant, on retrouve les terrains qui la constituaient se faisant jour, par groupes réduits, à travers la zone du Flysch, ou accompagnant les massifs isolés à l'intérieur de la zone externe. Quant à la région qui fait suite à la zone médiane cristalline des Alpes, elle est occupée par les affaissements de la plaine hongroise, qui se continuent jusqu'au bord intérieur de l'arc des Carpathes, occupé, sur presque toute son étendue, par des fractures très importantes, par lesquelles se sont fait jour de puissantes masses éruptives.

Cependant, dans la plaine, sont disposées des chaînes, suivant certaines lignes qui nous permettent de reconnaître le prolongement des massifs cristallins de la zone médiane des Alpes orientales. Avant de les passer en revue, nous ferons ressortir que ces lignes vont en divergeant vers l'Est, de même que nous avons vu la zone du Flysch et la zone calcaire méridionale s'écarter graduellement. Les chaînes de montagnes de la plaine hongroise vont rejoindre le bord interne des Carpathes, en présentant la disposition que M. Suess a appelée la virgation des chaînes hongroises. Nous nous permettrons de faire observer, dès maintenant, que pour nous il n'y a pas là d'écartement proprement dit des chaînes, mais, selon la théorie de la contraction des couches superficielles du globe, la distance qui sépare les différentes bandes de l'éventail alpin tend successivement à diminuer, et, dans la région orientale, le resserrement des chaînes n'a pas encore pu se produire d'une façon aussi intense que dans les Alpes. D'un autre côté, l'affaissement des zones intermédiaires, quoique encore très apparent par suite de son âge relativement récent, n'a pas été suffisant, surtout en profondeur, pour déterminer le resserrement des rides tectoniques; mais comme les affaissements vont toujours en s'approfondissant dans les régions qu'ils ont envahies, le travail de resserrement se continuera ici, comme il s'est continué pour toutes les chaînes anciennes, dont les chevauchements des couches sédimentaires superficielles nous sont parfois restés conservés, témoignant ainsi du gigantesque travail géologique qui leur a donné naissance.

Si nous partons du bord septentrional de la zone médiane des Alpes

orientales, nous rencontrons le Rosalia Gebirge, qui se prolonge par le Leitha Gebirge, et celui-ci, après une interruption, occupée par les dépôts du bassin d'effondrement de Vienne, passe aux petites Carpathes, qui traversent le Danube à Presbourg. A partir d'ici, on poursuit un arc continu, parallèle au bord extérieur des Carpathes, mais, dans ce prolongement, nous n'avons plus affaire à des roches cristallines. C'est ici que se trouve la formation, si curieuse, de la bande des Klippes, formée par des roches mésozoïques. Un arc analogue occupe en Moravie, en Silésie et en Pologne, le bord périphérique des Carpathes. Les roches qui forment ces Klippes de la région du Flysch sont d'âge intermédiaire entre le Supracrétacé et celui des roches des Klippes de l'arc interne qui va du Trias jusqu'au Crétacé inférieur. L'arc interne des Klippes se prolonge derrière la zone des grès pour aller, vers la source de la Theiss, se confondre avec la bande de roches cristallines anciennes qui constituent la colonne vertébrale des Carpathes orientales. Nous voyons donc que les roches de la zone cristalline et les roches calcaires mésozoïques qui se sont déposées sur celles-ci, ont gardé ici leur contact primitif, et que l'érosion et surtout le chevauchement n'ont pas ici, comme dans les Alpes, pu isoler les unes des autres ces formations et leur donner une existence tectonique indépendante, au moins en apparence. Donc, nous voyons une chaîne partie du bord supérieur de la zone médiane des Alpes orientales, se dirigeant au Nord-Est, pour aller ensuite se confondre avec la chaîne cristalline qui fait partie des Carpathes orientales.

On a beaucoup discuté sur la nature des Klippes. Neumayer les a considérées comme constituant un arc de plissement dont le soulèvement a précédé le dépôt des couches supracrétacées et tertiaires anciennes du Flysch. M. Uhlig a modifié cette théorie. Il a fait observer que la mer du Crétacé supérieur attaquait le bord externe des Carpathes occidentales et centrales, mais, arrêtée par la zone des Klippes, elle a à peine dépassé celle-ci. Par contre, derrière la zone des Klippes s'étendait une île qui comprenait la région du Bukkgebirge au Sud, où nous rencontrons de nouveau la mer crétacée. Plus tard, la mer éocène, en transgression, a pénétré dans la région occupée par les îles du Bukkgebirge, et, au-dessus des flots, émergeaient seulement les massifs isolés qui, aujourd'hui encore, s'élèvent au-dessus de la plaine hongroise, de même que les Klippes, dont l'arc s'étend derrière la zone des dépôts de Flysch aujourd'hui plissés à la périphérie. La mer a laissé, sur les flancs des massifs émergés et des Klippes, des conglomérats, souvent recouverts par d'autres dépôts littoraux, et ceux-ci, chose à noter, ont échappé

aux effets des plissements postérieurs au Tertiaire ancien qui n'ont pu faire sentir leur influence que dans le pourtour de l'arc des Carpathes; sur le bord interne de la zone des Klippes, des effets de redressement de certaines couches et d'accentuation de leur chevauchement paraissent dépendre de cette phase tectonique, mais son résultat le plus marqué consiste dans la formation d'une ligne de fracture qui suit tout le bord de cette zone. On voit que les deux théories se complètent et que les îlots de M. Uhlig peuvent très bien représenter les sommets d'un arc anticlinal, sur les bords desquels on peut encore constater les effets de la transgression supracrétacée et éocène.

C'est ici le moment de rappeler que M. Lugeon ne veut voir dans les Klippes que les restes d'une nappe couchée qui, venue du Sud comme celles des Alpes, aurait couvert la plaine hongroise; mais elle aurait été détruite depuis lors par l'érosion et le chevauchement en avant, et n'aurait laissé, comme témoins, que les Klippes de la périphérie. La description des Klippes que nous donnent les géologues autrichiens et hongrois, de même que l'ensemble de la tectonique des Carpathes, ne parlent pas en faveur de cette théorie, et nous préférons nous rallier aux vues de MM. Neumayer et Uhlig.

Derrière la zone des Klippes se dispose un massif de montagnes à structure compliquée, dont M. Uhlig nous donne la description dans son livre récent sur les Carpathes. Ce sont des massifs isolés, parmi lesquels nous citerons surtout le Haut-Tatra, le Bas-Tatra, et celui formé par le Vépor et le Zips-Gömör. Ils sont constitués par des noyaux intrusifs, recouverts par des schistes cristallins et présentant, sur un ou sur les deux côtés, un lambeau de couches mésozoïques. On voit que, par leur constitution, ces massifs rappellent ceux des Alpes orientales, dont ils représentent du reste la continuation. Les couches sédimentaires sont ici représentées par une série permo-mésozoïque, surtout à la périphérie, tandis qu'à l'intérieur de la plaine hongroise le Trias présente la constitution du Trias alpin oriental. Des roches volcaniques anciennes et récentes complètent cet ensemble. Nous signalons, en outre, la disposition remarquable présentée par un mur formé par des roches cristallines et des roches volcaniques et dont la courbe, convexe au Sud, sépare la plaine hongroise du massif montagneux situé à l'intérieur de l'angle septentrional de la courbe des Carpathes. Cet ensemble nous présente l'aspect d'un vaste cratère d'effondrement, où le granite a surgi au centre, tandis que le mur indiqué au Nord par la bande des Klippes, au Sud par la ligne de roches volcaniques et de roches cristallines, semble indiquer le bord d'un effondrement. C'est à

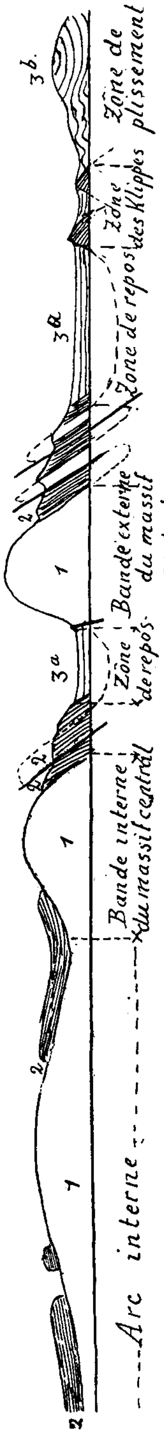


Fig. 5. — Coupe transversale des Carpathes du Centre et de l'Ouest, d'après Uhlig (*Bau und Bild der Karpathen*, Wien).

1. Roches prépermiennes. Archéen, schistes métamorphiques, Carbonifère et massifs granitiques.
2. Couches sédimentaires permo-mésozoïques.

3a. Tertiaire ancien, non plissé.
3b. — plissé.

ce bord que vient se rattacher une autre chaîne de la virgation hongroise qui, partant du bord interne des Carpathes centrales, au delà de la ligne de fracture volcanique de l'Hernad, où elle forme le massif de Zemplin, puis le Matra Gebirge, et se continuant au Sud-Ouest, passe le Danube entre Ofen et Gran, devant le Bakonyer Wald, au Nord-Ouest du lac Balaton, pour venir se rattacher, selon M. Suess, au Drauzug, formé par les Weitensteiner Gebirge, les Karawanken et la chaîne Carnique, du bord méridional de la zone médiane cristalline des Alpes orientales. Von Loczy n'admet pas cette homologie. Il considère que la chaîne du Bakonyer Wald est étrangère aux plissements alpins, et elle représenterait, de même que le chaînon isolé de Fünfkirchen, un fragment de la masse très ancienne qui constitue le sous-sol de la plaine hongroise, très peu affectée par les mouvements tectoniques récents. Nous avons surtout cité cette opinion du géologue hongrois parce qu'elle confirme l'idée que nous nous sommes faite de la tectonique de ces régions, constituées par des roches anciennes, qui n'ont que très peu participé aux mouvements tectoniques de la période qui s'étend depuis le Supracrétacé jusqu'à la fin de l'Oligocène, sauf à leur partie périphérique correspondant à la zone du Flysch, tandis que le centre ne paraît plus avoir subi de plissement depuis l'époque permienne jusqu'à l'Infracrétacé. Après l'Éocène moyen, les plissements ont continué autour de l'arc des

Carpathes, persistant jusqu'à des époques d'autant plus récentes qu'on s'avançait, vers l'Est, à la rencontre de la zone d'affaissement de la Moldavie et de la Valachie, alors que les Alpes avaient déjà atteint une période de repos relatif, qui paraît durer encore de nos jours. Si donc les Carpathes doivent passer un jour par l'état de resserrement où nous trouvons aujourd'hui les chaînes de l'Ouest, il faudra des affaissements beaucoup plus importants, surtout en profondeur, que ceux dont nous pouvons constater les traces actuellement.

Nous pouvons donc suivre le rameau de la chaîne Carnique se prolongeant jusqu'au Bukkgebirge et jusqu'à la ligne volcanique au delà de l'Hernad, comme une nouvelle branche de l'éventail des Carpathes, non encore fermé. Plus au Sud, on rencontre, dans la plaine hongroise, le chaînon isolé de Fünfkirchen, qui paraît n'être qu'une subdivision de ce même rameau. Enfin, du bord Nord de la zone calcaire, se sépare un faisceau de lignes directrices, qui se détache, vers l'Ouest, de celles qui suivent le parallélisme du bord oriental du golfe de Venise, dans la direction de la Dalmatie; ce faisceau, qui se rend à l'Est, inclinant légèrement au Sud, passe au Nord et au Sud de Cilli, va former l'Ivançicagebirge près de Varasdin, les monts Bilo, placés entre l'affaissement de la plaine hongroise au Nord et l'affaissement de Laibach et d'Agram au Sud, il se prolonge par les montagnes des environs de Graboviça, la Fruska Gora et vient, au Nord de Belgrade, rejoindre par delà le Danube les montagnes du Banat, qui continuent au Sud le plateau montagneux de Siebenbürgen. La partie méridionale de la zone calcaire est affectée par des mouvements récents, qui correspondent à l'affaissement quaternaire de la mer Dalmatique, de sorte que les plis et les chevauchements de la période dinarique, de même que l'arc périadriatique des éruptions tonalitiques se prolonge vers la périphérie par l'arc des éruptions volcaniques de la période miocène, ainsi que par des plissements et affaissements contemporains de celle-ci, et les deux séries de mouvements se trouvent confondus ici, comme dans le reste du système alpin.

La description du prolongement, vers l'Est, de la zone des Alpes nous a fait parcourir les régions occupées par la Pologne, la Galicie, la Hongrie, la Basse-Styrie, la Slavonie, la Croatie et l'Ukraine jusqu'au bord Nord-Est de l'Adriatique. Ces régions ont traversé, pendant la période qui s'étend depuis le Supracrétacé jusqu'à la fin de l'Oligocène, une série de mouvements tectoniques, analogues à ceux des Alpes, mais le résultat pour le troisième groupe alpin a été beaucoup moins prononcé en ce qui concerne le plissement et le resserrement du pays.

Les chaînes de montagnes ne se continuent pas en lignes prolongées; leur importance au point de vue des masses soulevées n'est pas aussi considérable qu'à l'Ouest, et elles sont loin d'occuper la plus grande partie du territoire. Les affaissements, peu profonds, il est vrai, puisqu'on y reconnaît encore les roches anciennes qui en constituent le sous-sol, occupent une étendue beaucoup plus considérable que la zone plissée, et celle-ci, pour les mouvements récents du moins, reste limitée au pourtour de l'arc des Carpathes. Au fond des affaissements, les couches sédimentaires de la période supracrétacée éocène, donc de la période du Flysch, gardent encore leur position de repos; le plissement n'a donc pas pu se faire sentir au centre. Par contre, sur le bord périphérique, le plissement a atteint sa plus grande importance, mais, ici également, le mouvement s'éteint à mesure que l'on s'avance vers la périphérie, de même qu'il a été arrêté en pénétrant entre les Klippes. A l'extérieur de la bande de plissement du Flysch, de nouvelles phases de plissements se sont produites pour les dépôts de la mer miocène du deuxième étage méditerranéen, et nous retrouvons, dans la molasse marine et dans la molasse d'eau douce supérieure de la Suisse et de la Bavière, des équivalents de ces mouvements. Ceux-ci se sont prolongés le long du synclinal péricarpathique et paraissent s'être étendus à des époques d'autant plus récentes que l'on s'avance davantage vers l'affaissement de la Valachie et la mer Noire. C'est à l'angle Sud-Est qui sépare les Carpathes des Alpes de Transylvanie que l'on constate les plissements les plus récents pendant les époques sarmatique et pontique. En même temps, à l'intérieur de la chaîne, au point correspondant, on rencontre les dernières éruptions qui ont eu lieu dans les montagnes de la Hongrie et de la Transylvanie. Nous avons déjà signalé la disposition symétrique de l'angle Sud-Est des Carpathes avec l'angle Sud-Ouest, où les Alpes franco-italiennes se réunissent, à l'Apennin, et c'est également ici que des effondrements, très récents, ont affecté la chaîne alpine et la Méditerranée.

Nous sommes heureux de pouvoir témoigner ici de la satisfaction que nous avons éprouvée en parcourant le livre récent de M. Uhlig sur la géologie des Carpathes. Par l'étude du rôle tectonique des affaissements alpins, nous étions arrivé à des conclusions qui concordent en plusieurs points avec les vues exposées par le savant géologue autrichien. Il renonce, comme nous, à la poussée venant du Sud, pour expliquer l'arc extérieur des Carpathes et préfère recourir à la tension tangentielle, qui produit le plissement de la surface terrestre, dès que résistance les diminuent en un point ou sur une ligne donnée. Ils

nous montre également l'importance du géosynclinal périalpin pour expliquer les plissements des dépôts sédimentaires. Le resserrement, à peine entamé, de la région carpathique permet de constater que sur le pourtour de celle-ci, une série de géosynclinaux se sont succédé, avant le Permien, pendant le Permien et le Mésozoïque, pendant la période du Flysch du Supracrétacé jusqu'à la fin de l'Oligocène et, enfin, pendant le Miocène. Après chacune de ces périodes, la force tangentielle a aplati le synclinal et plissé les couches sédimentaires qui s'y trouvaient déposées, en même temps qu'un nouveau synclinal se formait un peu plus à l'extérieur du précédent, donc en contact immédiat avec le bord du horst périphérique. La période principale du plissement de l'arc des Carpathes a suivi la période du Flysch, et nous savons que le maximum du plissement alpin a eu lieu vers la même époque. En outre, les dépôts miocènes qui recouvrent le Flysch ne sont plissés que le long et au contact du bord de la bande plissée du Flysch, alors qu'à la périphérie et aussi dans la partie des couches miocènes qui reposent entre les plissements du Flysch, on les trouve à l'état de repos horizontal.

M. Uhlig invoque également l'action des horsts périphériques et fait ressortir qu'une des conditions nécessaires pour que le plissement des couches sédimentaires puisse se produire, c'est que le géosynclinal ait une certaine largeur, afin que la force tangentielle du horst périphérique trouve devant elle un espace suffisant pour que la force d'inertie de la masse cristalline mise en mouvement devienne assez grande pour produire les plissements et les chevauchements par suite du déplacement plus ou moins horizontal. C'est ainsi que nous avons expliqué le déplacement et le chevauchement des Préalpes et de la plupart des montagnes de la zone externe des Alpes vers le géosynclinal périalpin. Les chevauchements des couches superficielles des Carpathes n'étant pas arrivés à d'aussi grandes distances que du côté de l'Ouest, on n'a pas eu ici à tenir compte de ce fait tectonique, si important. La seule différence qui paraît séparer les vues de M. Uhlig des nôtres consiste en ce qu'il n'a pas invoqué l'action tectonique des affaissements pour la formation des chaînes et des massifs des Carpathes; cependant il leur fait jouer un certain rôle, et il nous paraît plutôt les considérer comme la suite des phénomènes de soulèvement des massifs centraux. Quoi qu'il en soit, nous croyons pouvoir dire que l'analogie des conclusions, de part et d'autre, sur un grand nombre de points donne à ces théories un certain degré de probabilité, d'autant plus que les arguments du géologue autrichien sont basés sur

de vastes connaissances stratigraphiques et tectoniques, tandis que, nous devons bien le reconnaître, notre base est purement théorique et n'a pour elle que l'avantage de permettre l'étude du problème alpin dans son ensemble.

Roches éruptives.

Avant de terminer la description tectonique du système alpin, il convient de dire quelques mots des roches éruptives qui s'y rencontrent. L'activité volcanique paraît avoir marché de pair avec l'activité tectonique, et, de même que l'on peut concevoir une série de périodes de mouvements de plissement et de chevauchement, et de soulèvement qui ont abouti à la formation des Alpes telles que nous les connaissons actuellement, de même l'examen des roches éruptives permet de constater qu'il y a plusieurs périodes d'éruption, dont le siège a varié avec la suite des phases de l'évolution alpine. On y rencontre des roches éruptives métamorphosées, qu'il est impossible de distinguer des roches archéennes et des schistes cristallins d'origine sédimentaire; le granite a poussé, à différentes périodes, ses noyaux intrusifs sous les massifs alpins soulevés; enfin, même à l'époque actuelle, on trouve des foyers éruptifs encore actifs à l'extrémité méridionale des Apennins, de même que, vers l'Est, l'activité éruptive, dans sa phase la plus récente, s'était étendue peu à peu, pour venir s'éteindre à l'angle Sud-Est des Carpathes.

Un fait important à noter, c'est que les éruptions se produisent souvent sur le bord des bassins d'affaissement, et cette disposition se rencontre depuis le détroit de Gibraltar jusque derrière l'arc des Carpathes centrales. Nous avons vu qu'autour du bassin d'effondrement de l'extrémité occidentale de la Méditerranée se trouvent rangés, comme autour d'un cratère d'effondrement, des produits éruptifs anciens, mais on signale, en outre, sur la frontière qui sépare le Maroc de l'Algérie, dans le bassin de la Tafna, des produits volcaniques dont l'âge ne remonte pas au delà du Miocène, et cette activité volcanique, endormie pendant le Pliocène, s'est réveillée au même endroit pendant le Quaternaire. S'il est légitime de conclure de l'activité volcanique aux transformations tectoniques en voie de préparation, on peut prédire une nouvelle période d'évolution pour le bassin marocain espagnol de la Méditerranée. Quoi qu'il en soit, nous rencontrons ici les trois manifestations géologiques que nous avons vues si souvent associées : l'affaissement dans le bassin marin, les

éruptions volcaniques périphériques, sinon centrales, et les chevauchements, suites de mouvements du sol tendant à compenser, à la surface, le déplacement des masses dans la profondeur.

Plus au Nord, le synclinal situé au Nord-Ouest des Baléares nous montre, sur son bord septentrional, les éruptions de la Catalogne, que nous ne citerons que pour mémoire.

La mer Tyrrhénienne paraît se trouver encore en voie d'évolution active, puisque l'activité volcanique se manifeste dans les îles Lipari, par le Vésuve et l'Etna, sur son bord. Il est vrai que ce dernier volcan se rattache plutôt à l'évolution de la mer Ionienne.

Nous passons ensuite à la Méditerranée orientale, dont le stade le plus récent d'évolution se place postérieurement au soulèvement des Alpes, alors que déjà les premières périodes historiques se déroulaient sur l'emplacement qu'elle occupe aujourd'hui. L'activité sismique, encore très intense de notre temps, a fait suite à des éruptions volcaniques très importantes, parmi lesquelles il y a lieu de signaler l'affaissement du volcan de Santorin, dont le cratère sous-marin atteint une longueur de 11 kilomètres sur une largeur de 7 kilomètres. Enfin, si nous continuons vers l'Asie, nous rencontrons une activité volcanique de plus en plus intense, et les manifestations des temps présents montrent que, dans ces contrées, se préparent des modifications tectoniques importantes.

Passons aux roches volcaniques qui ont un rapport plus immédiat avec la formation des Alpes. Nous avons signalé l'importance tectonique de la bande d'amphibolite d'Ivrée, sa situation périphérique autour de l'affaissement lombard et l'effondrement de sa partie occidentale par suite d'un affaissement plus récent, car la formation de la bande éruptive remonte beaucoup au delà de la phase post-oligocène du plissement alpin; il est probable qu'elle a joué un rôle dans la formation du système dinarique, dont la partie occidentale s'est effondrée plus tard, en même temps que la partie correspondante de la bande d'Ivrée. Si nous suivons celle-ci vers l'Est, nous rencontrons le massif volcanique de l'Adamello, le plus puissant des massifs éruptifs des Alpes. Il paraît constituer le point de rencontre de l'arc volcanique périphérique de l'affaissement lombard avec l'arc volcanique périadriatique, qui circonscrit au Nord l'affaissement vénitien. Nous avons vu que, tout autour de la zone calcaire méridionale et séparant celle-ci de la zone médiane cristalline, le long de la ligne de la Judicaria, s'étendent une série de massifs éruptifs importants, appelés les massifs tonalitiques, probablement d'âge mésozoïque, et qui se

continuent le long du Drauzug (chaîne Carnique, Karawanken, montagnes de Weitenstein) jusque dans la plaine hongroise, où ils sont remplacés par un prolongement d'éruptions tertiaires, de même qu'au Sud-Est de l'Adamello se continue un prolongement tertiaire de l'activité volcanique autour de l'affaissement vénitien et qui s'avance vers l'embouchure du Pô, indiquant ainsi la limite entre l'affaissement lombard et celui de la Vénétie. Donc, ici encore, l'activité volcanique s'est exercée autour de l'affaissement pendant une longue durée de temps, qui remonte au loin dans le Paléozoïque, peut-être au début de la période de sédimentation. Les affaissements ont alterné avec les périodes de comblement, provoqués par des chevauchements des couches sédimentaires, et l'une des dernières phases s'est accomplie pendant le Tertiaire; aujourd'hui encore, nous pouvons en constater les manifestations grandioses dans les montagnes du système alpin.

Enfin, dans le groupe carpathique de ce système, on rencontre des manifestations volcaniques encore beaucoup plus développées, mais ici les masses éruptives ne sont plus disposées autour d'un affaissement central; on les rencontre plutôt à l'intérieur du bord formé par l'arc externe des Carpathes, qui est accompagné, sur presque toute son étendue, de longues lignes de fractures par lesquelles les matières éruptives se sont fait jour et qui, surtout dans les Carpathes orientales, ont enlevé presque complètement les bandes internes des roches anciennes sur lesquelles l'arc s'était formé. Nous avons fait ressortir la disposition, la forme du cercle volcanique, plus ou moins complété par la réunion des massifs centraux et des masses volcaniques, situé derrière l'arc des Klippes, vers le sommet de la courbe des Carpathes centrales. Le cercle de roches éruptives est presque complet du côté du Sud et nous fait croire que nous nous trouvons ici devant un massif en voie d'effondrement. C'est ainsi que le Haut-Tatra se trouve isolé de toutes parts, par suite de l'effondrement de ses bords, et qu'il est entouré complètement par une fosse d'effondrement circulaire. Ici aussi, les manifestations éruptives remontent à diverses époques géologiques, mais les éruptions ont été surtout importantes au Tertiaire, après la phase principale du soulèvement alpin entre l'Oligocène et le Miocène, et elle semble avoir duré jusqu'au Quaternaire dans l'angle Sud-Est du Siebenbürgen.

En résumé, l'activité volcanique s'est manifestée dans les régions alpines et au Sud de celles-ci depuis les temps géologiques les plus reculés jusqu'à nos jours. Les périodes dont les produits sont restés les plus accessibles à notre examen datent du Tertiaire, et celles-ci se sont

prolongées jusqu'au Quaternaire, le long de l'arc des Carpathes, tandis que les éruptions mésozoïques, ou dinariques, prédominent surtout dans les Alpes.

Suivons maintenant *les grands traits des chaînes et des lignes directrices du système alpin*, depuis les Carpathes jusqu'à son extrémité occidentale, où il vient rencontrer la mer Méditerranée, entre Nice et Gênes. L'arc des Carpathes, qui repose sur la plate-forme russe, vient se raccorder au Sud avec la zone périphérique des Alpes orientales, aux environs de Vienne. Du côté de l'Orient, au delà du raccordement des Carpathes orientales avec les Alpes de Transylvanie et de celles-ci avec le Balkan Hemus, le mouvement alpin ne paraît pas avoir envahi ces chaînes anciennes. Tout autour, les affaissements sont très étendus, mais leur durée et leur profondeur ne sont pas suffisantes jusqu'ici pour amener des plissements et des chevauchements résultant du rapprochement des bords cristallins périphériques, au moins pour le Tertiaire. La bordure méridionale de l'éventail alpin, constituée par la zone calcaire méridionale, suit la direction du littoral Nord-Est de l'Adriatique et paraît se continuer par les chaînes du Pinde et les arcs anciens qui passent par la Crète et les Cyclades, qui communiquent avec les arcs de l'Asie Mineure et de l'Iran. De même que la bordure septentrionale de l'éventail alpin, constituée par les Carpathes, le bord méridional, formé par les régions calcaires du système dinarique, s'étendant depuis la Dalmatie jusqu'aux Alpes de la Vénétie, vient se resserrer vers le Nord pour s'aligner avec les zones, beaucoup plus étroites, des Alpes orientales. Quant au pays intermédiaire entre les deux bordures, il s'étend depuis le bord de la plate-forme russe et la mer Noire jusqu'au bord oriental des Alpes; il est formé par une réunion de massifs anciens, d'effondrements récents et de masses éruptives contemporaines de ces derniers. Mais dès que nous arrivons dans le domaine des Alpes, les zones se dessinent nettement : la zone calcaire au Sud du système des Dinarides est affaissée et légèrement chevauchée vers l'effondrement vénitien; la zone calcaire septentrionale, chevauchée vers la périphérie, le long du géosynclinal périphérique comblé, mais indiquant cependant, au niveau du massif de Bohême, la compression exercée par celui-ci vers l'affaissement central. De même, nous trouvons la zone cristalline médiane incomparablement plus réduite que la plaine centrale à l'intérieur de l'arc carpathique. Ici aussi, nous rencontrons d'abord l'arc styrien septentrional, qui se dessine autour de l'angle inférieur du massif de Bohême et qui se continue, par sa branche orientale, avec l'arc des Klippes, qui passe plus

loin à la chaîne des Carpathes orientales. A l'Ouest et au Sud de l'arc qui contourne le massif de la Bohême, les masses cristallines de la zone médiane se disposent autour de l'affaissement vénitien, formant ce que l'on a appelé l'arc styrien méridional circonscrivant l'arc périadriatique. Plus à l'Ouest encore, nous trouvons, dans cette même zone, les lignes directrices qui continuent la direction périphérique à l'affaissement, et ces courbes débordent même sur les régions des Alpes occidentales suisses. Ce n'est que tout à l'extérieur de la zone médiane, le long du bord interne de la zone calcaire supérieure, que la bande des grauwackes rappelle la direction du géosynclinal périalpin.

Cette direction devient prédominante à partir des zones d'affaissement du Prätigau vers l'Ouest, du moins pour les zones externes et médianes, et finit par coïncider avec la direction des lignes conductrices des zones méridionales qui entourent l'affaissement de la Lombardie et le Piémont, du moins pour les parties qui n'ont pas été envahies par les effondrements récents. En suivant les chaînes qui constituent les Alpes franco-italiennes, l'éventail alpin se resserre de plus en plus. Alors qu'à l'Orient, il s'étendait depuis la mer Noire jusqu'à l'Adriatique, ici, au point où la chaîne vient s'effondrer dans la Méditerranée, il occupe une largeur qui s'étend depuis Mentone jusqu'à Cunéo (Piémont), soit sur une cinquantaine de kilomètres à vol d'oiseau. La zone calcaire externe, confondue avec les formations du Flysch, disparaît dans la mer, alors qu'à l'intérieur l'effondrement, aujourd'hui comblé, a enlevé non seulement la zone calcaire interne, mais une grande partie de la zone médiane.

Le golfe de Gênes, ainsi que l'a fait observer M. Suess, a joué un rôle important dans l'histoire alpine. Outre la chaîne des Alpes, on rencontrait ici autrefois, dans des temps qui, géologiquement du moins, ne remontent pas très loin, des chaînes anciennes qui devaient se réunir au sommet du golfe; et cependant, l'hydrographie de la mer Ligurienne n'en indique plus la moindre trace. Des profondeurs de 2 000 mètres s'enfoncent jusque tout près de Gênes, de sorte que nous devons admettre que non seulement les chaînes se sont affaissées, mais que l'engloutissement se continue toujours et que les traces des reliefs anciens ont ainsi disparu du fond de la mer. De leur côté, les Apennins ont été attaqués également, et, au Nord de Gênes, on les voit réduits à une bordure si étroite que l'on craindrait presque de voir la mer de Ligurie envahir de nouveau l'affaissement du Piémont et de la Lombardie.

Les chaînes anciennes, auxquelles nous faisions allusion tantôt, faisaient partie des massifs de l'Esterel et des Maures, fragments persistant jusqu'ici sur la côte de la Provence, tout contre le bord de la Méditerranée, qui est toute prête à les engloutir. La chaîne ancienne s'étendait en direction depuis Gênes jusque vers les Pyrénées, et il paraît probable que la destruction du prolongement occidental de celles-ci a joué un rôle dans la formation du bassin du Rhône, qui, auparavant, faisait partie du géosynclinal périalpin, aujourd'hui comblé par les chevauchements. M. Tornquist, se basant sur ses travaux et sur ceux des géologues français, a montré qu'une chaîne ancienne s'étendait dans la direction de Gênes, passant au Sud par la côte occidentale de la Corse et la côte orientale de la Sardaigne. Cette chaîne, effondrée sur sa partie correspondante au golfe de Gênes, présentait des roches rappelant celle des Maures. Nous voyons donc, à partir du golfe de Gênes comme centre, une série de chaînes s'étendre comme les rayons d'une étoile. C'est ce que M. Suess a dépeint par l'expression de « tourbillon de Gênes », sur laquelle il revient à différentes reprises dans son ouvrage, indiquant ainsi les dispositions sigmoïdes, si frappantes, des Alpes franco-italiennes et de leur raccordement avec la chaîne des Apennins. Mais si nous tenons compte des indications nouvelles fournies par les travaux géologiques plus récents, l'importance des dispositions tectoniques autour du golfe de Gênes paraît augmenter si nous les rattachons à la théorie plus générale de l'affaissement méditerranéen, et leur désignation par le mot de « tourbillon » devient encore plus frappante.

Il est admis que le globe, se refroidissant sans cesse, tend à se contracter. Actuellement, ce refroidissement ne modifie plus que très peu les couches superficielles, passées à l'état solide pour la plus grande partie. Les couches profondes, plus chaudes, subissent peu à peu une diminution de volume plus considérable. D'un autre côté, il est permis de supposer que la résistance des roches va en diminuant vers la profondeur, parce que, la température augmentant, le pouvoir dissolvant de l'eau se développe et les réactions chimiques deviennent plus intenses. De cette façon, les silicates deviennent peu à peu malléables, et les roches, dures à la surface, deviennent molles en profondeur. Plus bas encore, les roches passent à l'état de fusion plus ou moins avancé; mais elles sont soumises, il est vrai, aux énormes compressions des couches extérieures, et il arrive une limite où la compression périphérique neutralise la malléabilité plus grande des roches. Néanmoins, au-dessus de cette limite, nous rencontrons des couches qui présentent

plus ou moins les caractères d'un fluide, et, lorsque les conditions qui les maintiennent en place viennent à changer, elles peuvent suivre docilement l'arrangement nouveau des forces qui les sollicitent. C'est dans ces couches qu'il faut chercher l'origine des déplacements et des modifications de la surface terrestre; c'est en elles que nous trouvons la vie tectonique du globe; ce sont elles qui dirigent l'évolution de sa surface. Les couches superficielles étudiées par les géologues ne sont pour ainsi dire que l'épiderme, mort et inerte, qui se ride comme l'épiderme de notre peau et ne fait que suivre les modifications que l'évolution de la vie produit dans les couches profondes sur lesquelles il est appliqué.

Si nous admettons que les forces qui modifient la surface terrestre agissent plus spécialement sur les couches profondes, qui présentent jusqu'à un certain degré les conditions de plasticité des fluides et dont les laves éruptives nous donnent du reste un exemple, il en résulte que nous pourrons y reconnaître des mouvements analogues à ceux des fluides, c'est-à-dire des courants et des tourbillons, et nous arrivons ainsi à nous expliquer une série de faits géologiques obscurs. Mais nous ne nous arrêterons pas aujourd'hui à cette étude, et nous nous contenterons de faire ressortir l'analogie qui existe entre le tourbillon alpin, dont le centre se trouve dans le golfe de Gênes, et les mouvements cycloniques de l'atmosphère, ou de tout autre tourbillon à la surface d'un liquide en mouvement. Les effondrements, actuellement si marqués, autour de la région de Gênes nous montrent que les couches superficielles, c'est-à-dire les massifs cristallins et les couches sédimentaires qui en recouvrent les bords, sont entraînées vers la profondeur, et ce mouvement, se propageant vers la périphérie, atteint les horsts périphériques qui commencent à céder, en poussant les chaînes alpines devant eux, et celles-ci se disposent, de même que les chaînes plus anciennes déjà effondrées, autour de l'affaissement central de Gênes, comme les radiants sigmoïdes du cyclone qui portent les couches atmosphériques en giration vers le centre du météore. Nous ne voulons pas pousser trop loin cette comparaison et nous nous permettrons seulement de faire observer que la théorie que nous nous sommes faite de la formation des Alpes permet de voir un certain ordre dans le dédale si compliqué de la géologie alpine, qu'elle part de principes simples et probables et qu'elle fournit une base satisfaisante pour l'explication d'une foule de faits géologiques qui avaient provoqué notre étonnement et notre admiration, mais avaient toujours résisté à l'analyse scientifique.

Mais, avant de finir, il nous reste à dire quelques mots de la Méditerranée, sur le bord septentrional de laquelle les Alpes se sont élevées. L'histoire de la chaîne de montagnes est indissolublement liée à celle du bassin océanique, ou, mieux encore, la première n'est qu'une phase de la seconde.

Tout d'abord, il faut faire ressortir la grande antiquité de la mer Méditerranée dans les temps géologiques; cet océan existait déjà aux temps paléozoïques, et de nos jours il a gardé toute son importance. Il paraît jouer, en même temps que l'océan Pacifique, un rôle important dans la tectonique du globe. Les communications entre les deux océans, aujourd'hui supprimées, ont varié avec les différentes époques de leur évolution. Les communications paraissent avoir été très larges vers l'époque triasique, alors que l'histoire alpine commence à se dessiner. Les dépôts de cette époque présentent un très grand développement dans les Alpes, et du côté de l'océan Pacifique, on les trouve en bordure sur toute sa périphérie. A l'époque triasique, un océan profond occupait l'emplacement des Alpes et s'étendait bien au delà, autant dans la direction du Nord que dans celle du Sud. La Méditerranée se continuait dans la direction de l'Ouest vers la région de l'Himalaya et des îles de la Sonde, où elle communiquait largement avec l'océan Pacifique. Successivement, pendant le Jurassique moyen, pendant le Crétacé moyen et supérieur, pendant le Nummulitique, la Méditerranée a passé par des phases de transgression, suivies de régressions de plus en plus marquées, de sorte que l'étendue de cette mer est allée peu à peu en se rétrécissant, après avoir passé par des phases positives de plus en plus grandes jusqu'au Sénonien tout au moins, car la phase nummulitique n'a pas atteint les limites de la phase supracrétacée. Toutefois, le bassin central de la Méditerranée, situé au Sud de l'emplacement actuel des Alpes, a toujours continué à persister; aussi, dans les Alpes, les phases de régression sont beaucoup moins marquées que dans les régions au Nord de celles-ci, qui étaient occupées par les mers périphériques de l'océan Méditerranéen, et par conséquent moins profondes que celui-ci. C'est ainsi que la transgression oligocène suit immédiatement la transgression nummulitique, et que les formations si abondantes du Flysch, indice de l'intensité croissante des phénomènes tectoniques, ont facilité ces mêmes phénomènes et surtout les chevauchements dont nous trouvons des exemples si remarquables dans les Alpes de la Suisse et de la France. Elles paraissent avoir entraîné les couches sédimentaires plus anciennes qui, obéissant aux forces tectoniques, ont

pu se déplacer avec le Flysch, grâce à sa mobilité, qui facilitait leurs mouvements de chevauchement. D'un autre côté, le déplacement des masses alpines superficielles vers la périphérie a été facilité par l'existence du géosynclinal périalpin ; et c'est après l'Oligocène jusqu'à la fin de l'Helvétien, ou du deuxième Étage méditerranéen, que ce mouvement s'est produit. Il y a eu alors resserrement de la région alpine et chevauchement des masses superficielles vers la périphérie, qui ont mis fin à l'existence du synclinal périalpin, du moins dans sa partie septentrionale et par conséquent la plus éloignée de la mer Méditerranée. Au centre, l'affaissement de la Lombardie et celui de la Vénétie se sont resserrés sous l'effort des horsts périphériques chevauchant sous les masses des zones calcaires et en sens contraire, et les couches dinariques déjà plissées, chevauchées et fracturées par les affaissements de la période mésozoïque, ont continué à s'enfoncer, surtout du côté du Piémont et de la Lombardie, où elles ont presque totalement disparu. La mer a été exclue peu à peu de la plus grande partie de la région alpine, et vers la fin du premier Étage méditerranéen, lors de la formation du Schlier, la mer se trouvait limitée à son bassin central, qui, selon Neumayer, se trouvait dans la partie correspondante de l'Atlantique actuel, tout en s'étendant encore jusqu'à la côte orientale de la Sardaigne et de la Corse. Le premier effet de resserrement alpin a donc commencé pour les Alpes, comme pour les Carpathes, à partir de la période de la formation du Flysch.

Mais le mouvement a continué à se produire avec une intensité croissante pendant l'Helvétien jusqu'au Tortonien, donc jusqu'au deuxième Étage méditerranéen de Suess, ou au Vindobonien de Deperet. De nouveaux affaissements se produisent sur l'emplacement actuel de la Méditerranée, et surtout le long de son rivage méridional, depuis le désert Libyque jusque Suez. Déjà cet affaissement central avait été précédé par des affaissements périphériques, dans la plaine hongroise et dans la Styrie, envahissant les Alpes orientales, en même temps que le bord interne des Carpathes s'est effondré. C'est à ce moment que s'est achevé le plissement des Carpathes, surtout dans leur partie orientale, et il est probable que la mer sarmatique, de même que les lagunes pontiques et levantines, représentent une phase périphérique de l'affaissement central de la région hongroise, préparant la réunion de la mer Noire au bassin Sud-Est de la Méditerranée, grâce à l'affaissement ultérieur des régions maintenant occupées par la mer Égée. Nous noterons donc surtout que les affaissements, tant centraux que

périphériques, du bassin méditerranéen alpin, ne se sont pas accomplis en une fois, que le mouvement qui avait commencé dans la période du Flysch a continué pendant toute la durée du premier Étage méditerranéen, et que les plissements, d'abord très intenses à l'Occident, se sont propagés peu à peu vers l'Est pour les Carpathes, vers le Sud pour les Apennins, et que ce n'est que vers la fin du deuxième Étage méditerranéen que l'activité tectonique a cessé à l'angle Sud-Est des Carpathes, là où elles passent aux Alpes de Transylvanie, qui ont subi des affaissements partiels à une époque encore plus récente, mais où l'absence de mouvements de plissement ne permet pas de faire l'histoire du mouvement tectonique.

Avec le deuxième Étage méditerranéen a commencé une nouvelle transgression de la Méditerranée, dont on retrouve les traces sur le bord de l'océan Atlantique, dans les bassins de la Loire et de la Gironde, dans le bassin du Rhône et jusqu'au Nord de la Suisse. De nouveaux affaissements au Nord de l'Adriatique livrent passage aux eaux marines qui envahissent la Hongrie, la Styrie, le bassin de Vienne et le synclinal péricarpathique. Mais la communication avec la Méditerranée ne paraît pas avoir duré longtemps, et bientôt nous voyons la mer sarmatique s'établir depuis le bassin du Rhône d'un côté, et de l'autre jusqu'à la Hongrie, la Basse-Autriche, la Pologne, le Sud de la Russie jusqu'au lac d'Aral et jusqu'aux Dardanelles, et aux régions encore continentales de la mer Égée. Cette mer intérieure, représentée encore aujourd'hui par la mer Caspienne, s'est desséchée peu à peu, laissant les dépôts pontiques dans les bassins d'érosion des couches sarmatiques.

Avec le troisième Étage méditerranéen apparaît une nouvelle transgression méditerranéenne, qui pénètre dans la vallée du Rhône. Elle paraît se trouver en rapport avec l'effondrement de Gênes et avec la rupture de la chaîne des Maures. Elle a eu probablement son contrecoup à l'intérieur de la chaîne, et c'est alors que le bord occidental de l'affaissement du Piémont du commencement du Tertiaire aurait été enlevé par un effondrement ultérieur.

Revenons maintenant aux régions de la Méditerranée qui n'ont pas participé aux plissements alpins et qui occupent la périphérie du bassin marin. Nous rencontrons une différence remarquable dans la disposition des couches sédimentaires. On sait que la mer nummulitique s'étendait au Nord, jusqu'au delà de la Belgique, mais que le bassin central était constitué par la Méditerranée et que les dépôts

de cette mer, surtout dans les Alpes, montrent un certain parallélisme avec les dépôts de la transgression de la mer du Flysch. Il suffira de rappeler les brèches du Flysch, ses plissements et ses chevauchements, et de les mettre en opposition avec les allures si tranquilles des dépôts contemporains des bassins de Mayence, de Paris, de la Belgique et de l'Allemagne du Nord, pour démontrer la différence complète entre le régime tectonique qui a présidé à ces formations de part et d'autre, et des mouvements qu'ils ont subis depuis leur déposition. De même, les couches néogènes, à peine dérangées en dehors des régions alpines, ont participé jusqu'aux derniers mouvements de celles-ci, de sorte que c'est à elles que l'on s'adresse pour les faire témoigner de l'histoire des derniers mouvements alpins. Enfin, la même opposition se retrouve pour les couches mésozoïques, dont les plissements, dans les montagnes des Alpes, s'imposent à l'œil le moins attentif, alors que leur gisement, presque horizontal en dehors de la région alpine, a lieu de nous surprendre quand nous songeons aux périodes infinies de siècles qui se sont écoulées depuis leur formation. Le contraste est frappant entre le désordre de la zone centrale et le repos si prolongé des couches des mers périphériques, reposant, aujourd'hui comme alors, sur les vastes tables cristallines qui entourent le globe depuis le Canada, le Groenland, la Scandinavie, jusqu'à la Sibérie. Cette opposition nous montre que l'activité tectonique de cette partie de l'écorce terrestre se concentre surtout dans la zone des plissements méditerranéens, et que les transgressions et les régressions si fréquentes dans cet océan, depuis les âges géologiques les plus reculés, trouvent leur origine dans les phases de cette activité et dans les modifications qu'elle amène dans les profondeurs de la mer, et le soulèvement des continents. Nous avons vu la zone des plissements, limités au Nord par la Meseta ibérique, puis interrompus sur une courte distance par l'affaissement de la Catalogne, venir buter contre le Plateau central, suivre le bord méridional des Horsts rhénans et se continuer au Sud de l'Affaissement souabe, où, si la poussée alpine était venue du Sud, comme on le dit généralement, les chaînes de montagnes viendraient déferler au loin sur le bassin affaissé. Puis le massif de Bohême s'enfonce profondément sous la masse alpine, et plus à l'Est, nous voyons les Carpathes étendre leur arc sur la plate-forme russe et contourner ensuite l'affaissement de la Bukovine, de la Moldavie et de la Valachie. Au Sud, la zone plissée commence sur le bord atlantique du Maroc; sa limite passe au Schott el Hodna, pour se

rendre à l'angle occidental de la Sicile, laissant en dehors les couches horizontales, d'âge éocène et néogène, de l'île de Malte, et dont les failles transversales et périphériques montrent qu'elles constituent un horst en voie d'effondrement. La limite de la zone plissée remonte ensuite le long de l'Apennin et rencontre les massifs anciens de la péninsule balkanique. Celle-ci est affectée de plissements néogènes, en même temps que, sur sa périphérie et à l'intérieur, se multiplient les effondrements. Les plissements balkaniques vont ensuite rejoindre, à travers la mer Égée, les lignes anciennes de l'Asie mineure et se rattacher à la région du Caucase et à la zone volcanique d'affaissement qui, au Sud de cette chaîne, réunit la mer Noire à la mer Caspienne. La limite méridionale de cette partie de la zone plissée, où les mouvements tectoniques récents tendent peu à peu à couvrir les mouvements plus anciens, est fournie par l'arc, à courbure convexe au Sud, qui passe par l'île de Crète et le bord méridional de l'île de Chypre, et se prolonge par Antioche, Alep, Mambidj sur l'Euphrate et Erzeroum, le long de la ligne de fracture volcanique qui sépare l'Arabie de l'Asie mineure.

Nous pouvons dire que les Alpes constituent le bourrelet septentrional de cette zone plissée, bourrelet qui a débordé sur ce que M. Suess a appelé « l'avant-pays », mais nous sommes arrivé à étendre la notion du « Vorland » à toute la zone périphérique occupée par les massifs cristallins, dont le bord a été recouvert par ses couches sédimentaires non plissées et qui, en s'enfonçant vers l'affaissement central, tendent à se rapprocher les uns des autres, tandis que le chevauchement des masses superficielles en sens contraire produit les chaînes plissées, qui se disposent en arc autour de l'affaissement central.

A l'Est, dans la zone méditerranéenne orientale, les massifs anciens prédominent encore à la surface et laissent voir les lignes qui dénotent surtout les mouvements qui ont précédé ceux de la phase alpine. Grâce aux nombreux affaissements qui se produisent autour d'eux, ils deviennent graduellement plus mobiles et ils finiront, en se déplaçant, par produire le chevauchement des masses qui les recouvrent, et les plissements postalpins, jusqu'ici peu marqués, finiront par prendre la prédominance, et c'est ainsi que le mouvement continuera à s'étendre à l'Est.

Car il ne faut pas croire que nous puissions arriver à une période de repos; l'évolution du globe est fatale, et de même qu'il continue à tour-

ner, de même sa surface continuera à se transformer. M. Suess nous a montré la Méditerranée dans un état continuel d'oscillation, s'étendant, se rétrécissant, pour revenir ensuite à un état antérieur. S'il est difficile de ne pas admettre que l'eau, élément mobile par excellence, en circulation continuelle entre l'atmosphère et les océans, peut nous fournir la raison de ces changements qui se continuent sans cesse, il faut se dire, d'un autre côté, que le fond du bassin dans lequel elle s'est déposée doit participer à cette instabilité. Les oscillations ne paraissent diminuer ni en importance ni en fréquence depuis le début de l'époque tertiaire, époque pendant laquelle les modifications du climat ne semblent pas avoir été suffisantes pour expliquer l'abondance ou la diminution des eaux de la mer et, par conséquent, les variations du niveau de l'Océan. Celui-ci, il est vrai, paraît avoir considérablement augmenté en superficie, au moins relativement à la surface continentale, depuis la fin du Mésozoïque, et son niveau a pu se modifier en conséquence, mais il ne semble pas possible de trouver là l'explication de la fréquence des oscillations, surtout depuis le début du Tertiaire.

Nous avons vu qu'une large bande de terrains plissés et chevauchés occupe la zone moyenne de la Méditerranée, là où les affaissements se répètent avec la plus grande fréquence et atteignent les plus grandes profondeurs, déterminant ainsi l'accumulation des matières sédimentaires d'abord, leur plissement et leur chevauchement ensuite Tout autour, des couches sédimentaires d'âge contemporain occupent le fond de baies qui s'étendent plus ou moins loin à l'intérieur des terres, gardant encore leur position de repos; mais ici la série sédimentaire est souvent interrompue. Cette disposition de la zone centrale, en opposition avec celle des zones périphériques, nous explique l'évolution de la Méditerranée depuis les temps paléozoïques; au centre, de nouveaux affaissements, se répétant sans cesse, maintiennent le bassin central; sur le pourtour, des affaissements périphériques, produits par les effondrements des bords des horsts cristallins qui entourent la Méditerranée, accompagnent, s'ils ne provoquent les transgressions si fréquentes de la mer. Mais lorsque l'affaissement central tend à prédominer, les horsts cristallins situés autour du bassin d'affaissement commencent à se rapprocher par suite de la contraction de la terre. Les affaissements périphériques sont ainsi entraînés peu à peu vers le centre, leurs couches sédimentaires, d'abord plus ou moins horizontales, se plissent à leur tour et le même processus se répète sans cesse

depuis la période primaire. Actuellement, nous rencontrons des dépôts tertiaires en position de repos sur les bords de la Méditerranée, surtout vers l'Est, alors qu'au centre, dans les zones de chevauchement, ces mêmes dépôts, et même ceux d'un âge plus récent, participent déjà au plissement.

Nous sommes donc arrivé à comprendre dans une même synthèse l'origine des chaînes de montagnes de la zone méditerranéenne et l'évolution du bassin océanique central, la première ne représentant qu'une phase de l'affaissement continuel du fond de la mer, affaissement déterminé par les progrès incessants de la contraction des couches superficielles de l'écorce terrestre, due au refroidissement du globe.

BIBLIOGRAPHIE

PAR ORDRE CHRONOLOGIQUE

DES PRINCIPAUX OUVRAGES CONSULTES

ED. SUESS, Die Entstehung der Alpen, 1875. Wien.

F.-L. CORNET et A. BRIART, Sur le relief du sol en Belgique après les temps paléozoïques. (*Ann. Soc. géol. de Belgique*, t. V, 1877.)

J. GOSSELET, Sur la structure générale du bassin houiller franco-belge. (*Bull. Soc. géol. de France*, 3e série, t. VIII, 1879-1880.)

M. BERTRAND, Rapport sur la structure des Alpes de Glaris et du bassin houiller du Nord. (*Bull. Soc. géol. de France*, 3e série, t. XII.)

M. BERTRAND, Rôle des actions mécaniques en Provence; explication de l'anomalie stratigraphique du Beausset. (*C. R. Acad. des Sciences de Paris*, 13 juin 1887, et *Bull. Soc. géol. de France*, 3e série, t. XIII.)

M. BERTRAND, Ilot triasique du Beausset (Var). Analogie avec le bassin houiller franco-belge et avec les Alpes de Glaris. (*Bull. Soc. géol. de France*, 3e série, t. XV, 1887.)

M. BERTRAND, Les plis couchés de la région de Draguignan. (*C. R. Acad. des Sciences de Paris*, 29 octobre 1888.)

A. HEIM et EMM. DE MARGERIE, Les dislocations de l'écorce terrestre. Zurich, 1888.

C. DIENER, Der Gebirgsbau der West-Alpen. Wien, 1891.

M. BERTRAND, Le Môle et les collines du Faucigny. (*Bull. du Serv. de la Carte géol. de France*, 1892.)

H. SCHARDT, Origine des Préalpes romandes. (*Eclogae Geol. Helvet.*, IV, 1893.)

M. BERTRAND, Études sur le bassin houiller du Nord et sur le Boulonnais (*Ann. des Mines*, 9e série, V, 1894.)

A. BRIART, Géologie des environs de Fontaine-l'Évêque et de Landelies. (*Ann. Soc. géol. de Belgique*, t. XXI, 1894, MÉM.)

E. HAUG, L'origine des Préalpes romandes. (*Arch. des Sciences phys. et nat. de Lausanne*, 1894.)

H. SCHARDT (in), Livret-guide géologique de la Suisse. (*Congrès géol. intern. de Zurich.* Paris et Lausanne, 1894.)

E. HAUG et W. KILIAN, Lambeaux de recouvrement de l'Ubaye. (*Ann. de l'Univ. de Grenoble*, 1895.)

M. LUGEON, La région de la Brèche du Chablais. (*Bull. du Serv. de la Carte géol. de France*, t. VII, 1895-1896.)

F. Sacco, Les rapports géo-tectoniques entre les Alpes et les Apennins. (*Bull. Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol.*, t. IX, 1895, Mém.)

Ed. Suess, La face de la Terre. (Trad. Emm. de Margerie, 1897-.....)

E. Haug, Les régions dites exotiques du versant Nord des Alpes suisses. (*Bull. Soc. vaud. de Sciences nat. de Lausanne,* 1899.)

P. Termier, Sur la structure du Briançonnais. (*C. R. Acad. des Sciences de Paris,* 13 février 1899.)

E. Haug, Les géosynclinaux et les aires continentales. (*Bull. Soc. géol. de France,* 3e série, t. XXVIII, 1900.)

W. Kilian, Nouvelles observations géologiques dans les Alpes delphino-provençales. (*Bull. du Serv. de la Carte géol. de France,* t. XI, nº 75, 1900.)

P.-J. Holmquist, Bidrag till diskussion om skandinaviske fjellkedjans tektonik. (*Geol. Fören. i Stockholm Forhandl.,* t. XXIII, 1901.)

M. Lugeon, Les grandes nappes de recouvrement du Chablais et de la Suisse. (*Bull. Soc. géol. de France,* 4e série, t. I, 1901.)

H. Douvillé, Mesogée, Distribution des Rudistes, des Orbitolites et des Orbitoïdes. (*Bull. Soc. Géol. de France,* 3e série, t. XXVIII, 1902.)

P. Termier, Quatre coupes à travers les Alpes franco-italiennes. (*Bull. Soc. géol. de France,* 4e série, t. II, 1902.)

A. Tornquist, Excursion géologique dans la Sardaigne. (*Sitz. K. Preuss. Akad. Wiss.,* t. XXXV, juillet 1902.)

C. Diener, Bau und Bild der Ost-Alpen und Karstgebietes. Wien, 1903.

E. Haug, Les grands charriages de l'Embrunais et de l'Ubaye. (*C. R. du Congrès géol. de Vienne,* 1903.)

P. Termier, Les schistes cristallins des Alpes. (*C. R. du Congrès géol. de Vienne,* 1903.)

V. Uhlig, Bau und Bild der Karpaten. Wien, 1903.

R. Nicklès, Sur l'existence de phénomènes de charriage en Espagne dans la zone sub-bétique. (*Bull. Soc. géol. de France,* 4e série, t. IV, 1904.)

P. Termier, Les nappes des Alpes orientales et la synthèse des Alpes. (*Bull. Soc. géol. de France,* mai 1904.)

A. Tornquist, Die Trias auf Sardinien und die Keupertransgression in Europa. (*Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges.,* 1904.)

R. Douvillé, Sur les Préalpes sub-bétiques aux environs de Jaën. (*C. R. Acad. des Sciences de Paris,* 3 juillet 1905.)

G. Geyer, Zur Deutung der Granitklippe im Pechgraben. (*Verh. K. K. geol. Reichsanstalt,* 14 März 1905.)

M. Savornin, Esquisse orogénique des chaînons de l'Atlas, au Nord-Ouest du Schott el Hodna. (*C. R. Acad. des Sciences de Paris,* 16 janvier 1905.)

LES DINOSAURIENS

ADAPTÉS A LA

VIE QUADRUPÈDE SECONDAIRE

PAR

Louis DOLLO (1)

Conservateur au Musée royal d'Histoire naturelle, à Bruxelles.

Planches XI et XII

I.

Introduction.

1. — Dans toute Adaptation, il y a lieu de distinguer, avec soin, si on est en présence d'une *Adaptation primaire*, ou si on a affaire à une *Adaptation secondaire*.

En d'autres termes, si l'Organisme se transforme pour la première fois en vue de satisfaire à certaines Conditions d'Existence déterminées, — ou bien si, ayant quitté ces Conditions d'Existence, il y revient, après avoir adopté, pendant un temps plus ou moins long, une autre manière de vivre.

2. – Ainsi, personne ne croit plus aujourd'hui que, comme le pensait Gegenbaur (2), les *Ichthyosaures* dérivent directement des Poissons.

(1) Mémoire présenté à la séance du 17 octobre 1905.

(2) C. GEGENBAUR. *Ueber das Gliedmassenskelet der Enaliosaurier.* JENAISCH. ZEITSCHR. 1870. Vol. V. p. 332.

— C. GEGENBAUR. *Vergleichende Anatomie der Wirbelthiere.* Leipzig, 1898. Vol. I. p. 531.

Mais tout le monde comprend qu'on a :

Ichthyosaures	Vie Aquatique Secondaire
|	|
Reptiles terrestres	Vie Terrestre Primaire
|	|
Poissons	Vie Aquatique Primaire

De même que, pour le *Zostère*, Anthophyte marin :

Zostère	Vie Aquatique Secondaire
|	|
Anthophytes terrestres	Vie Terrestre Primaire
|	|
Algues	Vie Aquatique Primaire

3. — Quelquefois, on rencontre encore des cas plus compliqués, comme celui de *Dendrolagus*, Kangurou arboricole (1) :

Kangurous arboricoles	Vie Arboricole Secondaire
|	|
Kangurous terrestres	Vie Terrestre Secondaire
|	|
Ancêtres arboricoles des Kangurous terrestres	Vie Arboricole Primaire
|	|
Ancêtres terrestres des Marsupiaux	Vie Terrestre Primaire

(1) L. Dollo. *Les Ancêtres des Marsupiaux étaient-ils arboricoles?* Miscellanées biologiques dédiées au Professeur Alfred Giard a l'occasion du XXVe anniversaire de la fondation de la Station zoologique de Wimereux (1874-1899). Paris, 1899.

— L. Dollo. *Le pied du Diprotodon et l'origine arboricole des Marsupiaux.* Bull. scient. Giard. 1900. Vol. XXXIII. p. 278.

Ou celui du *Lotus*, Nymphéacée à feuilles aériennes, en voie de retour à la Vie Terrestre :

Nelumbium	Vie Terrestre Secondaire
|	|
Nymphéacées à feuilles flottantes	Vie Aquatique Secondaire
|	|
Anthophytes terrestres	Vie Terrestre Primaire
|	|
Algues	Vie Aquatique Primaire

4. — Dans ces conditions, on peut se demander pourquoi nous n'aurions pas, notamment parmi les *Dinosauriens*, une *Vie Quadrupède Primaire* et une *Vie Quadrupède Secondaire*.

Or, je vais essayer de montrer qu'on a (1) :

Stegosaurus — Triceratops	Vie Quadrupède Secondaire
|	|
Prédentariens bipèdes	Vie Bipède Primaire
|	|
Ancêtres quadrupèdes des Prédentariens bipèdes	Vie Quadrupède Primaire

5. — Comment y arriver? Par l'*Irréversibilité de l'Évolution* (2).

Un Organisme ne reprend jamais exactement un état antérieur, même s'il se trouve placé dans des Conditions d'Existence identiques à celles qu'il a traversées.

Mais, — en vertu de l'Indestructibilité du Passé, comme dit si bien

(1) J'ai émis, pour la première fois, cette vue, en 1892, dans une de mes leçons à l'Institut Solvay (Université de Bruxelles) : L. Dollo. *Cours autographié sur l'Évolution du Squelette des Vertébrés*. Leçons faites a l'Institut Solvay (Université de Bruxelles) en 1891-1892.

Depuis, M. H. F. Osborn, Professeur à l'Université de New-York, lui a donné une plus large publicité :

— H. F. Osborn. *Reconsideration of the Evidence for a Common Dinosaur-Avian Stem in the Permian*. American Naturalist. 1900. Vol. XXXIV. p. 796.

— H. F. Osborn. *Dinosauria*. K. A. von Zittel. *Text-Book of Palaeontology*. Vol. II. Londres, 1902. p. 241.

(2) L. Dollo. *Les lois de l'Évolution*. Bull. Soc. belg. Géol. 1893. Vol. VII. p. 164.

mon éminent Maître, M. A. Giard, Membre de l'Institut, Professeur à la Sorbonne (1), — il garde toujours quelque trace des étapes intermédiaires qu'il a parcourues.

L'Ichthyosaure, ses Poumons, — le Zostère, ses Fleurs, — le Kangurou, la Prédominance du Quatrième Orteil et la Syndactylie, — le Lotus, les Stomates à la Face Supérieure des Feuilles.

Le *Stegosaurus* et le *Triceratops*, un *Postpubis fonctionnel transformé* ou un *Postpubis rudimentaire*.

II.

Caractères Adaptatifs de la Vie Bipède chez les Dinosauriens Prédentariens.

1. — Afin d'éviter toute discussion sur la nature bipède du Dinosaurien choisi, prenons un cas étudié d'une manière approfondie : celui de l'*Iguanodon* (2).

2. — Les *preuves* de la *station droite* du célèbre Dinosaurien de Bernissart sont doubles :

1. — *Anatomiques*, c'est-à-dire reposant sur la Structure du fameux Reptile;

2. — *Éthologiques*, c'est-à-dire s'appuyant sur les Empreintes découvertes dans le terrain.

3. — Comme les preuves éthologiques sont suffisantes, à elles seules, pour établir la nature bipède de l'Iguanodon, nous pouvons déterminer les *Caractères Adaptatifs* de la *Vie Bipède* chez les *Dinosauriens Prédentariens*.

Ces caractères sont multiples. Les plus saillants sont :

1. — La forte projection préacétabulaire de l'*Ilium;*

2. — L'*Ischium* très long et très étroit;

3. — Le *Pubis* pourvu d'un *Postpubis* également très long et très étroit.

---

(1) A. Giard. *L'Évolution des Sciences biologiques*. Revue scientifique. 1905. Vol. IV. p. 205.

(2) L. Dollo. *Troisième note sur les Dinosauriens de Bernissart*. Bull. Mus. roy. Hist. nat. Belg. 1883. Vol. II. p. 85.

— L. Dollo. *Les Allures des Iguanodons, d'après les Empreintes des Pieds et de la Queue*. Bull. scient. Giard. 1905. Vol. XL. p. 1.

4. — Retrouve-t-on les Caractères en question chez les *Reptiles* où il a été possible d'*observer* la *Vie Quadrupède*, c'est-à-dire chez les Rhynchocéphaliens, les Lacertiliens, les Crocodiliens et les Chéloniens?

En aucune façon.

Pas plus que chez les Dinosauriens Sauropodes, d'ailleurs.

5. — Où, donc, les rencontre-t-on parmi les Amniotes *vivants?*

Chez les *Oiseaux*, c'est-à-dire chez des animaux adaptés à la *Vie Bipède.*

Ces Caractères sont bien, par conséquent, les Caractères Adaptatifs de la Vie Bipède chez les Dinosauriens Prédentariens.

6. — Mais le *Stegosaurus* (1) et le *Triceratops* (2), dont l'*Allure Quadrupède* est admise par tous les naturalistes compétents, ont un *Postpubis.*

Oui, mais le *Postpubis* de *Stegosaurus* est *transformé.*

Oui, mais le *Postpubis* de *Triceratops* est *atrophié.*

7. — Et les *Théropodes*, qui, pourtant, sont *Bipèdes*, n'ont *pas de Postpubis.*

Il y a des moyens divers de réaliser une Adaptation.

Les Oiseaux volent d'une certaine manière; les Cheiroptères, autrement; les Ptérosauriens, encore autrement.

Les Théropodes nous représentent, dès lors, une *autre Adaptation* à la Vie Bipède que les Prédentariens.

III.

Stegosaurus et Triceratops.

1. — Ainsi que nous venons de le rappeler, il y a *unanimité*, dans les milieux compétents, sur l'*Allure Quadrupède* de *Stegosaurus* et de *Triceratops.*

2. — D'autre part, il y a *unanimité* aussi sur la nature *Prédentarienne* de ces deux Dinosauriens, nature dont témoignent, notamment, l'Os Prédentaire et le Postpubis.

---

(1) O. C. Marsh. *The Dinosaurs of North America.* Sixteenth Ann. Rep. U. S. Geol. Surv. (1894-1895). Washington, 1896. p. 186.

(2) O. C. Marsh. *Dinosaurs of North America,* etc. p. 208.

3. — Cela posé, que devrions-nous attendre, théoriquement, d'un *Prédentarien Bipède* qui *retournerait* à la *Vie Quadrupède?*

Évidemment, la perte des Caractères Adaptatifs à la Vie Bipède.

Or, cette perte peut se faire de deux manières :

1. — Par Atrophie;
2. — Par Changement de Fonction.

4. — Dans le cas de l'*Atrophie,* par exemple, il y a lieu de prévoir :

1. — Une régression profonde du Postpubis;
2. — Un fort raccourcissement de l'Ischium.

C'est-à-dire qu'on en reviendrait, *physiologiquement,* au Bassin triradié particulier à la Vie Quadrupède.

VIE QUADRUPÈDE SECONDAIRE

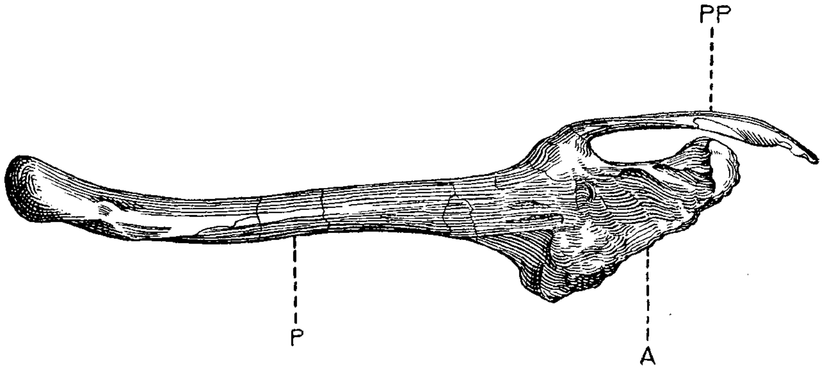


Fig. 1. — **Pubis de Triceratops.**

Vu de dessous. — Échelle : $\frac{1}{8}$.

D'après O. C. Marsh (Dinosaurs of North America. Washington, 1896. Pl. LXVII, Fig. 3).

Dinosauria. — Predentata. — Ceratopsidæ.

Pour montrer le Postpubis rudimentaire.

A. — Acetabulum.
P. — Pubis.
PP. — Postpubis.

Mais *non morphologiquement,* à cause de l'Irréversibilité de l'Évolution, car il restera des traces de l'Indestructible Passé dans :

1. — Le Postpubis rudimentaire;
2. — L'Ischium étroit et recourbé.

— Maintenant, ce cas n'est pas un cas théorique : c'est celui de *Triceratops.*

5. — Dans le cas du *Changement de Fonction*, à présent, il est raisonnable d'imaginer :

1. — Que l'Ischium se raccourcit et s'aplatit;

2. — Que le Postpubis fait de même et, de plus, s'applique intimement le long du bord ventral de l'Ischium.

C'est-à-dire qu'on en revient encore, *physiologiquement*, au Bassin triradié particulier à la Vie Quadrupède.

Mais *non morphologiquement*, à cause de l'Irréversibilité de l'Évolution, car il reste des traces de l'Indestructible Passé dans :

1. — La forme de l'Ischium;

2. — La branche postérieure du Bassin, qui n'est plus constituée actuellement par l'Ischium seul, mais par le Complexe Ischio-Postpubien.

Et où est le Changement de Fonction? Dans la circonstance que le Postpubis fonctionnel transformé joue, ici, le rôle du bord ventral de l'Ischium.

— Or, ce cas n'est pas, non plus, un cas théorique : c'est celui de *Stegosaurus*.

6. — Ainsi, *Stegosaurus* et *Triceratops* nous montrent, justement, ce qu'on devrait attendre de *Prédentariens Bipèdes* qui *retourneraient* à la *Vie Quadrupède*.

Et ils portent des traces de leur Vie Bipède passée, notamment dans leur Postpubis, soit fonctionnel transformé, soit rudimentaire.

7. — En dehors de cette interprétation, il me paraît impossible de rendre compte de la présence du *Postpubis* chez *Stegosaurus* et chez *Triceratops*.

En effet, comme nous l'avons vu plus haut, ce caractère est un des Caractères Adaptatifs à la Vie Bipède chez les Prédentariens.

Comment *Stegosaurus* et *Triceratops* le posséderaient-ils s'ils n'avaient *jamais cessé* d'être *Quadrupèdes?*

IV.

Conclusion.

1. — Il y a des *Dinosauriens* adaptés à la *Vie Quadrupède Primaire*. Ce sont les *Sauropodes*. Exemples : *Brontosaurus* et *Diplodocus*.

2. — Il y a des *Dinosauriens* adaptés à la *Vie Bipède Primaire*.

Ce sont les *Prédentariens Bipèdes*. Exemple : *Iguanodon*.

3. — Il y a des *Dinosauriens* adaptés à la *Vie Quadrupède Secondaire*.

Ce sont les *Prédentariens Quadrupèdes*. Exemples : *Stegosaurus* et *Triceratops*.

4. — De plus, ces *Retours* à la *Vie Quadrupède* furent *Indépendants*.

Car ce sont des *Adaptations Différentes*.

Puisque l'une repose sur l'*Atrophie du Postpubis (Triceratops)*, tandis que l'autre dépend de son *Changement de Fonction (Stegosaurus)*.

— D'ailleurs, elles ne sont pas contemporaines : celle-ci remontant au Jurassique supérieur; celle-là au Crétacé supérieur.

5. — C'est grâce à l'*Irréversibilité de l'Évolution* qu'il a été possible de retrouver la Vie Bipède intercalée entre les deux Vies Quadrupèdes de *Stegosaurus* et de *Triceratops*.

Si l'Évolution était réversible, ces deux Dinosauriens auraient repris exactement leur forme quadrupède antérieure, et on n'aurait pu distinguer leur Vie Quadrupède Secondaire de leur Vie Quadrupède Primaire.

LA DÉFORMATION

DES

MATÉRIAUX DE CERTAINS PHYLLADES ARDENNAIS

n'est pas attribuable au « flux » des solides (1)

PAR

W. PRINZ,
Professeur à l'Université de Bruxelles.

PLANCHES XIII ET XIV

Nombreux sont aujourd'hui les travaux pétrographiques qui font intervenir le dynamométamorphisme dans leurs conclusions. Mon but n'est pas de discuter de façon générale l'application de cet agent en géologie, où son influence est si évidente. Je désire seulement établir, par quelques exemples puisés dans les roches ardennaises, qu'il est inutile de recourir à l'hypothèse de l'écoulement des solides (*bruchlose Umformung*) pour expliquer les détails structuraux qu'on y rencontre.

Certes, les savantes observations de Heim et de ses continuateurs, les remarquables expériences de Tresca, de Daubrée et surtout de Spring, ainsi que les constatations des techniciens dans les laboratoires d'essais, ont établi la déformabilité sans rupture, la plasticité, d'un grand nombre de corps et l'existence de réactions chimiques dépendantes de la pression. Mais il me semble qu'il y a, surtout chez les auteurs récents, une tendance à appliquer, de façon exagérée, ces faits importants et si consciencieusement établis. Le moindre indice de structure fluidale dans une roche, la présence de certains minéraux, tels que le grenat, suffisent pour amener l'évocation de pressions énormes

(1) Mémoire présenté aux séances des 15 novembre et 20 décembre 1904.

et du cortège de réactions qui s'y associe. L'extinction onduleuse du quartz est aussi le point de départ de spéculations de ce genre, alors qu'une anomalie optique — qu'on ne cite guère pour d'autres minéraux — se constate bien plus rarement sur la figure axiale, où elle devrait cependant être visible. Il m'a paru reconnaître, dans plusieurs écrits sur ces questions, des amplifications de menus détails et même des raisonnements insuffisamment appuyés par les faits. La difficulté de juger à distance, sans matériaux de contrôle, m'interdisant une critique précise, je m'en tiens à mes propres observations, que j'expose aussi brièvement que possible dans ce qui suit. Les ouvrages consultés seront cités à la fin de ces notes ; les pages visées se trouvent à la suite des noms d'auteurs.

I

Phyllades de Houffalize et d'autres localités.

Les premiers appartiennent, suivant la carte officielle (planchette de Wibrin-Houffalize levée par M. X. Stainier), au Devonien inférieur. Ces roches, dont la schistosité est inclinée sur la stratification, contiennent ordinairement des cubes de pyrite constituant le principal objet dont j'ai à m'occuper d'abord. Les premiers échantillons de ce minéral me furent remis par M. Deladrier, qui a bien voulu attirer mon attention sur ce gisement et m'aider à récolter un grand nombre de cristaux. Je lui en exprime mes sincères remerciements.

Parmi tous les échantillons recueillis et examinés, pas un seul ne montre d'autres faces que celles du cube; rarement la striation hémiédrique est nettement visible. Ils ont les mêmes caractères dans les divers affleurements qui entourent la localité et sont assez uniformément répandus dans la roche; certains gisements sont cependant plus riches que d'autres. Les dimensions de ces cubes sont habituellement de 7 à 8 millimètres de côté; par exception on en trouve de 10 à 15 millimètres. Leur éclat est bronzé par suite d'altération, mais ils sont sains à l'intérieur, quoique fragiles aux arêtes et même fissurés; souvent ces cassures sont anciennes. A l'air, et dans les joints, ils s'altèrent, en abandonnant une masse brunâtre cariée, pulvérulente parfois, entourée d'une enveloppe cubique limoniteuse fixée à la roche ; d'autres sont presque méconnaissables.

Tous ces cristaux, peut-on dire, sont plus ou moins déformés. Certains sont tellement gauchis qu'ils ont l'apparence de rhomboèdres; ils ressemblent tout à fait au spécimen, extrait des ardoisières de

Rimogne, que Daubrée figure (p. 443) à titre d'exemple type d'une déformation mécanique. Influencé par cette description, j'interprétais moi-même, tout d'abord, les cristaux de Houffalize dans ce sens, malgré le doute que d'autres observations avaient fait, depuis longtemps, naître dans mon esprit.

L'hypothèse d'une déformation mécanique paraît confirmée par des mesures au goniomètre d'application. On utilisera mieux leurs résultats après avoir reconnu la disposition des cristaux dans le phyllade.

La plupart des cubes sont orientés avec un des axes binaires plus ou moins normalement à la schistosité; quatre arêtes se confondent donc avec cette dernière. Beaucoup de cristaux, en se détachant, entraînent une partie du schiste, qui y reste fixé sous forme de deux ailerons. (Pl. XIII, fig. 1.)

D'autres, assez nombreux également, ont un axe ternaire plus ou moins normal au feuilletage, qui est, par conséquent, percé par deux angles du cube (fig. 2). Rarement ce dernier a ses faces parallèles à la schistosité.

Les orientations dominantes des cristaux s'accordent parfaitement avec la supposition qu'elles sont amenées par une pression énergique, qui aurait en même temps gauchi les cubes et fait naître les petites flexures localisées, que l'on constate parfois lorsqu'on débite les échantillons (fig. 3). On trouverait même de bonnes raisons pour se rendre compte de la position des arêtes plus aiguës des cristaux dans la direction de la pression; car, ordinairement, le plan de schistosité passe à peu près par les deux arêtes les plus obtuses des cubes, conformément au schéma figure 4.

En considérant, dans les cristaux, une seule zone dont l'axe serait compris dans le feuilletage et en désignant deux angles aigus opposés par *a* et *b*, les deux angles obtus par *c* et *d*, les mesures au goniomètre d'application se groupent comme l'indique le tableau ci-après. Ces valeurs n'ont d'autre portée que de traduire, en chiffres approximatifs, une apparence que l'œil saisit facilement, les faces étant si bosselées que les branches de l'appareil ne les enserrent jamais exactement.

	a	*b*	*c*	*d*	
Py. 1. . .	85°3	84°8	94°0	94°2	Crist. isolé, mais repéré.
» 2. . .	89,1	90,0	91,0	91,0	Id. id.
» 3. . .	85,5	86,2	96,6	92,8	Id. id.
» 4. . .	84,1	86,0	93,9	92,1	Fixé à la roche.
» 5. . .	88,9	84,9	96,1	93,2	Id. id.
» 6. . .	81,2	81,8	99,2	97,8	Id. id.
» 7. . .	87,0	87,0	92,1	93,1	Id. id.

Mais on trouve des cristaux dont la déformation est plus marquée encore; par exemple :

Py. 8 . .	70°5	77°7	102°8	109°5	Fixé à la roche.

Il est vrai qu'il y en a qui ont, au contraire, l'angle obtus vers le haut, et que d'autres ont même des angles obtus et aigus qui alternent à l'avant et à l'arrière, par suite d'un guérissage, d'un défaut de structure. Tel est l'échantillon

Py. 9 . .	84°5	87°0	91°5	96°3	A l'avant
	93,0	88,8	87,0	92,0	A l'arrière.

Quand les cristaux ont leurs faces presque parallèles à la schistosité, on dirait qu'ils sont moins déformés, avec une tendance au développement tabulaire. On en trouve aussi qui ont des rugosités cristallines; des petits groupements parallèles; des associations de deux moitiés légèrement déplacées; des intercalations schisteuses; des trémies fort développées; une tendance à se briser selon la stratification, etc. Voici quelques mesures d'angles plans prises sur des faces à peu près parallèles au plan de fissilité; comme les précédentes, elles sont toutes approximatives. Les angles α, β (aigus) et γ, δ (obtus) sont opposés.

	α	β	γ	δ	
Py. 10. . .	86°3	»	»	90°2	Fixé à la roche.
» 11. . .	88,2	88,8	90,5	92,0	Id. id.
» 12. . .	88,5	86,0	93,2	94,1	Libre, mais repéré.
» 13. . .	86,8	»	94,9	»	Dans la roche.
» 14. . .	89,8	»	»	90,0	Id. id.
» 15. . .	87,8	85,9	90,8	95,5	Libre.
» 16. . .	85,4	92,9	93,2	90,2	Le plus grand; fixé à la roche.
» 17. . .	85,8	88,8	96,5	89,8	Fixé à la roche.
» 18. . .	85,8	84,8	95,2	94,8	Id. id.

La déformation de ces cristaux est donc tout aussi évidente que celle des précédents. Pourtant, un examen plus approfondi montre qu'il s'agit, pour les uns et les autres, d'accidents de cristallisation. C'est ainsi que la plupart des cubes — celui que figure Daubrée également — ont plusieurs faces en trémie. Ces creux sont remplis de quartz ou de phyllade, ce qui explique l'adhérence des fragments schisteux dont il a été question plus haut (fig. 1). Certains échantillons, encore engagés dans la roche, qui paraissaient devoir fournir une preuve

convaincante de la déformation mécanique, par une large face un peu défoncée et comme striée par un glissement du schiste, montrent, lorsqu'on les décroûte, que les stries se continuent en une sorte d'entonnoir, ordinairement excentrique, qui s'enfonce profondément, par gradins, dans le cristal, en provoquant la courbure concave de certaines arêtes (fig. 5 et 6).

Il arrive, surtout pour les grands cubes, que ces enfoncements existent sur toutes les faces, comme cela se voit sur le spécimen très altéré, en forme de prisme oblique, dont la figure 7 donne le développement; un autre, bien conservé, a une trémie qui entame la face parallèle à son axe (fig. 8).

Pour se rendre compte de la grandeur et de l'aspect de ces cavités, il est inutile de recourir à des préparations spéciales, la nature se chargeant de nous instruire à cet égard, en dissolvant complètement certains cristaux. Ainsi se créent des vides parallélipipédiques dans lesquels pointent de petites pyramides irrégulières, à gradins obliques ou droits, constituées tantôt de quartz fibreux, tantôt de phyllade, qui sont les moulages des trémies (fig. 9 et 10).

En polissant les échantillons, on obtient des pièces instructives par les indentations qu'on reconnaît aux bords des cristaux, preuve de la répétition des faces. Les groupements se mettent aussi en évidence de cette façon (fig. 11, 12 et 13).

L'attaque de ces coupes à l'acide azotique fait ressortir le trouble dans le développement des cristaux, quel que soit d'ailleurs leur aspect extérieur. Ce sont des assemblages squelettiques, plus ou moins comblés, des combinaisons hémiédriques, semblables à celles qu'ont observées les minéralogistes italiens et que je retrouve sur un cristal corrodé, de Bologne, conservé dans les collections de l'Université. L'acide fait apparaître, sur la surface polie, quatre plages souvent groupées autour d'un champ quadrangulaire sombre, plus ou moins excentrique, et non déformé. Lorsqu'il est déformé, on voit qu'il s'agit d'une complication cristallographique commune aux pyrites anormales, si bien décrites par F. Becke (p. 194). Par cette méthode, on reconnaît aussi la répétition de certaines faces avec décroissement progressif, ce qui doit s'accompagner d'une altération apparente des angles (fig. 12, 14 et 15).

Les cristaux de pyrite de Houffalize entrent donc dans la catégorie des monstruosités, si fréquentes chez ce sulfure qu'il serait banal d'en décrire des exemples. Cette conclusion est pleinement confirmée par les mesures précises auxquelles certains cubes, quoique très déformés,

se prêtent. On trouve alors que tel angle, qu'on évaluait, par les estimations rappelées au début de cette note, à 85° environ, donne, au goniomètre à réflexion (angles normaux) :

Py. 19. . . . . 90°2′ Débris de cristal brillant.

Un cristal allongé, mesurant 7mm0 sur 4mm45 sur 4mm15 a, dans la zone pseudo-prismatique :

Py. 20.	89°55′	Faces peu brillantes.
»	90 0	
»	90 env.	
»	90 env.	

Pour d'autres, ayant les défauts déjà énumérés, la mesure d'une zone a donné :

Py. 21. .	90° env.	Cristal isolé, composé partiellement de deux moitiés, dont l'une est un peu déplacée par rapport à l'autre; trémies; striations.
» . .	89 57′	
» . .	90 4	
» . .	90 2 env.	
Py. 22. .	90°36′	Cristal isolé; faces irrégulières, brillantes par places; indices de trémies; stries.
» . .	90 0	
» . .	89 50	
» . .	90 3	

Ces mesures furent, en général, faciles, car certaines faces donnèrent une bande lumineuse unique, mince et droite, ne laissant que peu de place à l'incertitude; d'autres fournirent même une image pure de la mire.

L'hypothèse d'une déformation mécanique est inconciliable avec ces résultats.

Par suite d'un léger déplacement de la masse contenant les cristaux, un vide s'est créé autour d'eux, et du quartz est venu le combler, sous forme de petites plaques fibreuses, analogues à celles qu'on rencontre autour d'autres minéraux des schistes et des phyllades. Leur examen sommaire apprend ce qui suit :

Une fine pellicule de ce genre, recueillie en faisant sauter un cristal de son alvéole, est constituée d'une mosaïque de grains de quartz avec axe optique incliné sur le plan de la pellicule. Bien que sa surface soit de plusieurs millimètres carrés, l'orientation reste constante.

La faible différence entre l'angle des cavités et l'angle des cristaux fait qu'il est difficile d'apprécier si les fibres siliceuses sont normales aux parois des premières ou aux faces des seconds. Mais comme

ces fibres restent parallèles entre elles au delà de la pyrite, il faut bien qu'elles soient approximativement perpendiculaires à la paroi schisteuse. La supposition inverse n'expliquerait guère le joint bissecteur, très net, qu'on remarque dans l'angle de toutes les sections (fig. 12, en haut); à moins d'admettre que les fibres ont continué à s'adjoindre latéralement les unes aux autres, comme les grands cristaux de quartz le font assez souvent. Lorsque le schiste a été pincé autour du cristal en un angle assez aigu, il arrive que les pellicules de quartz fibreux ne touchent pas complètement aux faces du cube; elles adhèrent au schiste, et, dans le vide restant, se trouve un peu de limonite pulvérulente (fig. 16).

L'hypothèse d'un décollement ultérieur, par laminage, doit être écartée dans ce dernier cas, me semble-t-il, car le joint bissecteur aurait été écrasé.

Quelquefois, les lamelles quartzeuses, restées fixées à la roche, sont couvertes, sur la face qui touchait au cube de pyrite, de petits sommets pyramidaux. Plus probants encore sont les remplissages incomplets, analogues à celui que représente la figure 17. On y voit des bâtonnets, émergeant de la masse fibreuse accolée au schiste, pointer séparément vers le cristal sans y toucher; d'autre part, quelques rares bâtonnets, totalement isolés, sont fixés sur le cube et pointent vers l'enduit fibreux sans y atteindre davantage. Enfin, quand on extrait les cristaux de pyrite, les pellicules quartzeuses restent adhérer à la roche, rarement aux cubes; il arrive aussi qu'elles se détachent entièrement, comme on l'a vu plus haut.

Je ne voudrais pas étendre, sans étude plus complète, ces résultats à toutes les structures analogues, telles que les nœuds de magnétite, si bien décrits par Renard, ni même à tous les cristaux de Houffalize, où les enduits siliceux sont peu développés; mais la disposition de ceux-ci, dans les exemples cités, est celle qu'affecte le quartz fibreux dans de nombreux filonnets des dépôts anciens, c'est-à-dire que ses fibres sont simplement perpendiculaires aux plans des parois rocheuses entre lesquelles il a cristallisé.

Les vides comblés par le quartz sont de minime importance, et manquent souvent dans les phyllades de Houffalize, ce qui tendrait à prouver que la masse qui les contient n'a plus subi de mouvements intimes prononcés après avoir acquis de la consistance. Contrairement à ce qui est de règle dans certaines roches, les feuillets schisteux passent sans déviation autour des cristaux de pyrite; les fines strates siliceuses, qu'on rencontre parfois dans ces phyllades, contournent également les cubes en restant planes.

On peut se demander si la pyrite cristallisée qui se trouve dans des schistes plus anciens, tels que ceux de Deville (Cambrien), n'aurait pas subi une déformation plus marquée. J'ai donc examiné deux cristaux très allongés, de cette localité, orientés dans le schiste comme ceux de Houffalize. L'un provient d'une partie de cristaux que M. Cumont m'a obligeamment confiée; il est encore attaché à la roche et mesure $9^{mm}6$ de long, sur $5^{mm}0$ et $5^{mm}8$ dans les autres sens. L'autre, m'appartenant, a été isolé; il mesure $10^{mm}0$ sur $6^{mm}1$ et $6^{mm}4$. Ce dernier présente la striation hémiédrique π (210), en long, sur les moitiés alternantes de deux faces opposées du pseudo-prisme; celui-ci a, pour cette raison, une section apparente en losange, semblant dépendre d'un écrasement. Voici les valeurs trouvées au goniomètre à réflexion (angles normaux) :

Py. 23 (Deville) . . .		90° 5′	Zone du pseudo-prisme.
» » . . .		89 54	
» » . . .		90° 0′	Bases.
» » . . .		90 2	
Py. 24 (Deville) . . .		90 0′	Zone du pseudo-prisme.
» » . . .		90 0	
» » . . .		90 2	
» » . . .		89 58	
» »	entre	90° 0′	Les quatre angles d'une zone perpendiculaire.
	et	90 1	

Certains cristaux de pyrite de Deville présentent des rayures naturelles très accusées, indiquant des troubles analogues à ceux que l'on constate par corrosion sur les cubes de Houffalize (fig. 18 et 19). Pour beaucoup d'entre eux, la striation hémiédrique est remplacée par des rugosités allongées, similaires pour chaque couple de faces.

Les roches de cette localité, et d'autres phyllades analogues, contiennent de petits octaèdres de magnétite qu'on a considérés dans plusieurs travaux pétrographiques (Renard, p. 135; Dewindt, p. 39) comme ayant été étirés par compression. Pour ce que j'en ai vu, je puis dire que beaucoup de ces cristaux ont un aspect déformé par développement inégal des faces, cannelures, etc., mais que leurs angles sont inaltérés. Deux d'entre eux, très déformés en apparence, peu brillants, ont donné, par réflexion, pour un angle de l'octaèdre :

Magnétite (Deville). . .	70°40′ env.	au lieu de 70°31′44″
Magnétite (Tubize) . . .	70 48 env.	

On trouve encore des cristaux de pyrite, semblables à ceux dont il vient d'être parlé, dans les schistes gris-vert de Vielsalm. J'en ai examiné un grand nombre de cette localité, où ils furent recueillis autrefois par M. le professeur L.-L. De Koninck, qui a droit à ma cordiale gratitude pour l'amabilité qu'il a eue de me les soumettre. Ces échantillons sont importants pour la solution de notre question, attendu que, tout en étant très bien conservés, le laminage de la roche les a non seulement orientés, mais aussi écrasés en apparence. Voyons de plus près ce qu'il faut en croire.

On constate sur les cristaux de Vielsalm les troubles déjà signalés pour ceux de Houffalize et de Deville : certains sont prismatiques; beaucoup sont tabulaires, avec deux larges faces assez unies et quatre petites, creusées en trémies. Les grands cubes, dont les dimensions dépassent 1 centimètre, ont des enfoncements à gradins bien marqués. La striation hémiédrique est peu accusée; il n'y a pas d'autres faces que celles de l'hexaèdre.

Les mesures confirment les résultats précédents; je me borne à en fournir une preuve. Un petit cristal plat, déformé en losange, a $8^{mm}3$ suivant une diagonale et $7^{mm}2$ suivant l'autre; l'épaisseur est de $2^{mm}8$ seulement; néanmoins, les quatre petites faces ont des enfoncements rectangulaires. La grande diagonale est dans la direction de l'étirement de la roche, de sorte qu'en voyant le cristal dans son alvéole, on a l'impression que son contour est dû à une action mécanique. En mesurant, au goniomètre d'application, la zone comprenant les quatre petites faces, on trouve les valeurs approchées :

	a	*b*	*c*	*d*
Py. (Vielsalm)	80°3	85°2	100°0	95°8;

tandis que les mesures par réflexion, obtenues par trois réglages différents, ont donné (angles normaux) :

	a	*b*	*c*	*d*
	90°10′	90° 3′	90° 1′	89°49′
	90 4	90 0	90 4	89 52
	90 10	90 0	90 2	89 48
Moyennes .	90° 8′	90° 1′	90° 2′	89°50′

Ces chiffres ne confirment évidemment pas la supposition que je réfute.

Lorsqu'on examine la façon dont la roche contourne ces cristaux, on

voit que la gangue n'a acquis qu'une plasticité insuffisante sous la pression qui la déplaçait, pour se ressouder au delà des cubes, après avoir glissé sur leurs faces, de sorte qu'il reste des solutions de continuité des deux côtés de la plupart d'entre eux. Le profil, en grandeur naturelle, d'un de ces cristaux (fig. 20) permet de voir les dimensions relatives de ces vides (en noir), dont les faces sont striées dans le sens de l'écoulement de la masse devenue schisteuse. Le remplissage siliceux fait défaut, et son absence vient à l'appui de ce qui a été dit sur la formation des fibres quartzeuses dans les cavités analogues du phyllade de Houffalize (fig. 16).

Peut-être faut-il aussi voir une preuve de l'énergique frottement subi par ces cubes, dans les striations particulières qui partent de deux arêtes opposées et émoussées de beaucoup d'entre eux, pour s'étendre plus ou moins loin sur leurs faces. Les défauts de ce genre étant fréquents et variés sur les cristaux de cette espèce minérale, il est difficile d'établir définitivement s'il s'agit réellement de rayures mécaniques. On est tenté d'être plus affirmatif lorsqu'on constate ce qui s'est produit pour les beaux rhombododécaèdres (2 centimètres) de magnétite de Lanzo (Turin) et pour les grands cubes (5 centimètres) de Norvège, extraits de roches qui furent soumises à une compression puissante; tous possèdent, outre les striations cristallographiques particulières à ces espèces, des rayures évidemment causées par friction.

Ce sont là autant d'arguments contre l'hypothèse d'un « flux » de ces minéraux, car toutes les conditions qui viennent d'être rappelées montrent que les cristaux enclavés dans les roches ne peuvent que se briser, lorsque leur limite de résistance est atteinte.

Sur bien des échantillons de Vielsalm, on constate cet accident, surtout lorsque les cubes en arrivent à se toucher. Quant aux petites barbes pyriteuses que certains de ceux-ci possèdent le long de l'arête ui s'avance dans l'espace resté vide, elles produisent encore l'illusion d'un écrasement du sulfure entre les feuillets du schiste. Au microscope, on reconnaît qu'il s'agit d'un faible dépôt ultérieur, à côté duquel l'arête intacte du cristal est parfaitement visible.

Toutes ces observations s'accordent avec le manque de malléabilité de la pyrite, qui est une substance particulièrement « aigre ». C'est pourquoi les grands cristaux de Norvège, cités plus haut, se sont brisés dans l'étau rocheux qui les contenait, et les cassures mettent en évidence le clivage obscur du minéral. A quelques places, où le cristal semble avoir été écrasé par un corps plus résistant que lui, on trouve, en s'aidant de toutes les ressources d'observation (microscope métallo-

graphique), que certains éclats, encore partiellement attachés à la masse principale, ont subi une très légère flexion, décelable par une minime ondulation dans le jeu des reflets. C'est tout ce que je vois à citer en faveur de la déformabilité de la pyrite.

J'ai terminé ce rapide examen des minéraux déformés de nos schistes anciens par la mesure de deux petits grenats, extraits des roches de Bastogne et d'Our (Opont); dans la zone d'un axe quaternaire, ils avaient (angles normaux) :

Grenat (Bastogne) . . .	90°12′	au lieu de 90°0′.
» » . . .	89 33	
» » . . .	89 35	
» » . . .	90 40	
Grenat (Our)	89 51′	
» »	90 5	
» »	89 55	
» »	90 13	

Dans tous les exemples choisis, les déformations reconnaissables à simple vue se rapportent donc à un développement irrégulier des cristaux, dépendant des conditions dans lesquelles ils prirent naissance; aucune mesure précise ne vient à l'appui d'une modification angulaire provoquée par une compression irrésistible, qui les aurait rendus plastiques, voire fluides.

Les cubes de pyrite des phyllades de Houffalize, plus particulièrement examinés ici, ainsi que ceux de Deville et de Vielsalm, doivent s'être développés, avec peine, dans une masse encore vaseuse, et ce n'est qu'après leur complet développement que la roche, relativement dure, a subi une pression énergique, déplaçant et fissurant les cristaux, déformant leurs alvéoles et créant les petits vides que le quartz fibreux combla ensuite. L'action des agents mécaniques sur les minéraux inclus fut donc modeste.

Mes conclusions concordent bien avec ce qu'un savant expérimentateur nous a appris sur ces questions. En effet, M. Spring a constaté que le sulfure de fer, fortement comprimé, refuse de s'agglutiner ou de « fluer », et il est arrivé, dans la suite, à reconnaître que bien des roches n'avaient pas été soumises à des pressions aussi considérables que celles dont il a exposé les conséquences de façon à la fois magistrale et attachante.

II.

Phyllades à coticule (pierre à rasoir) de la région de Salm-Château.

L'étude de ces roches nous transporte dans le vif du sujet. Avant de l'aborder, il convient de dire quelques mots de certains échantillons particulièrement significatifs pour semblable discussion. J'en examinerai d'abord un qu'on considère souvent comme très probant pour les théories de la déformation sans ruptures. Je m'en tiens à une description sommaire, d'après la pièce et les préparations que j'ai sous les yeux, renvoyant le lecteur, pour d'autres détails, à l'ouvrage fondamental de Heim, qu'on relit toujours avec fruit et intérêt, tant les déductions y sont claires, tant les dessins sont frappants.

Il s'agit des chiffonnements de la dolomie du Röthi (Tödi), roche constituée par de fines strates, d'environ 1 millimètre d'épaisseur, de dolomie cristalline, qui alternent assez régulièrement avec de petits lits de schiste argileux, de même épaisseur. L'ensemble est contourné en plis à très courts rayons, étirés en de nombreuses failles.

La microstructure rappelle également les grands accidents géologiques. On y voit (pl. XIV, fig. 21) très nettement les couches schisteuses, peu ondulées au sommet des courbes, découpées dans les jambages des plis par de minuscules failles répétées, de plus en plus serrées, entre lesquelles les tronçons des petites strates micacées sont ployées en S. Les couches dolomitiques, au contraire, sont crevassées, indice de leur plus grande fragilité.

L'ensemble de la structure de la roche résulte de la déformation d'une masse hétérogène, mais je ne puis y voir le type d'une déformation sans ruptures, car celles-ci abondent; elles sont même visibles sur les photographies non agrandies des échantillons (Heim, 2e mémoire). Les déplacements de la matière furent favorisés par des gerçures nombreuses, des ruptures et un faillage poussé à l'extrême. Bien des strates sont broyées ou déplacées (fig. 22 et 23), et les vides qui se trouvaient entre les couches, lors de leur contournement, sont inconciliables avec l'hypothèse d'un flux proprement dit.

Ces espaces sont actuellement comblés, il est vrai, de sorte que le point délicat est précisément de savoir quand et comment ce remplissage a eu lieu. La curieuse disposition des deux minéraux secondaires, quartz et dolomie, intercalés dans les joints, mérite qu'on s'y arrête, surtout qu'elle n'a été étudiée par Heim et un de ses élèves, M. Allen-

spach, que longtemps après que la roche du Röthi avait été décrite. Dans la figure reproduite dans la traduction de l'œuvre de Suess, les intervalles entre les feuillets sont encore désignés comme étant vides (p. 155).

Or, voici ce que montre l'examen microscopique : Toutes les strates dolomitiques sont recouvertes, sur leurs deux faces, de cristaux jaunâtres de dolomie (jusque $0^{mm}13$ environ), souvent bien développés et terminés. Ils sont inclinés en sens opposé sur les deux faces de chaque strate (fig. 21 et 21*a*); jamais ils ne sont fixés aux couches schisteuses. Ces dernières, de leur côté, sont couvertes, sur leurs deux faces, de fibres ployées de quartz, dont les courbes sont également opposées sur chaque face, suivant l'inclinaison des cristaux de dolomie auxquels ils aboutissent (fig. 21*a*). Lorsque ceux-ci sont normaux sur les strates, les bâtonnets quartzeux, rectilignes souvent, le sont aussi.

Dans les déchirures transversales des strates dolomitiques, on trouve le même remplissage par les deux minéraux. Ici les cristaux de carbonate, parfois très gros, pointent normalement aux deux faces de la fissure, et, conformément à ce qui vient d'être dit, le quartz remplissant le reste du vide est souvent en bâtonnets droits, dirigés dans le prolongement des cristaux de dolomie. Ailleurs, le quartz forme un remplissage en mosaïque. Des fibrilles micacées l'accompagnent.

Pour Heim (2e mémoire, p. 224), l'eau de carrière fut suffisante pour amener ces sécrétions. « La même petite quantité d'eau a pu sans cesse entrer en jeu. L'énorme pression a puissamment augmenté le pouvoir dissolvant de l'eau, précisément aux endroits les plus comprimés, et ce qui s'y dissolvait a émigré intermoléculairement vers les endroits un peu moins comprimés et s'y est immédiatement redéposé. Il n'a pu naître de vides. La présence de vides aurait instantanément changé tout l'aspect de la transformation : la roche comprimée, en voie de régulière plication, serait devenue une brèche de dislocation. » (Voir aussi p. 217.)

L'hypothèse faisant appel à des différences de pression, se produisant à quelques millimètres de distance dans une semblable masse, soumise à un effort énorme et extrêmement lent, paraîtra bien difficile à admettre. Dans mes préparations, je trouve le double remplissage jusque dans les parties les plus étirées des petits plissements; bref, dans les moindres interstices de la roche. Il y a aussi des parties courbées, en tous points semblables aux autres, mais où les feuillets de dolomie et de schiste se touchent, donc se compriment; la dissolution admise n'y a pas fait son œuvre.

M. Allenspach, de son côté, cherche à se rendre compte du sens de courbure des fibres quartzeuses, par la disposition oblique des espaces successivement agrandis par la pression. Cette manière de voir devrait s'appuyer sur un schéma suffisamment démonstratif, dont la construction ne me paraît pas facile.

Pourquoi ne pas admettre que la roche, constituée de deux espèces de strates, a été comprimée lorsqu'elle n'était plus boueuse, quoique déformable encore? La pression aurait eu alors pour effet de décoller les lamelles de résistance différente, dont les unes, dolomitiques, se seraient écrasées ou déchirées, et les autres, micacées, se seraient ondulées, faillées, en s'étirant entre les premières. Il est possible qu'un fluide ait favorisé les glissements, tout en maintenant les feuillets. S'il a en même temps dissous une partie des matériaux de la roche, pour les redéposer dans les lacunes, sous forme de cristaux, cela n'a pu se produire qu'après arrêt du mouvement, que celui-ci ait été d'une excessive lenteur (Allenspach), ou relativement rapide.

Même si la pression a facilité la dissolution et l'échange de minéraux existants dans ce schiste, même si elle a permis, en disloquant la roche, l'infiltration de solutions cristallisables venues de l'extérieur, les minéraux secondaires n'ont pu que cristalliser d'un jet, et successivement, la dolomie d'abord, le quartz ensuite. Ce dernier n'aurait pu s'adapter aussi exactement aux cristaux de carbonate, ordinairement terminés même dans les parties étirées, sans les broyer et sans se broyer lui-même.

Quant à la remarquable constance d'orientation des deux minéraux, elle me rappelle de trop près la disposition, en files parallèles, des cristaux inclinés de calcite dans la cavité interne des oursins tertiaires et d'autres fossiles, ainsi que les fibres courbes du quartz des filonnets des roches anciennes, pour que je ne tente pas de rattacher le phénomène à une simple action de cristallisation, dépendante de la nature particulière de la roche du Röthi. Pour préciser ma comparaison, je mentionnerai encore les cristallisations orientées fréquentes dans nos spirifères carbonifériens. J'en possède un exemplaire dont les cônes spiralés internes sont couverts de rhomboèdres de calcite, qui pointent tous vers la droite pour les spires de droite, et vers la gauche, pour celles de gauche. On sait d'ailleurs combien facilement l'orientation des cristaux peut être influencée par celle de leur support, ce qui autoriserait encore la supposition que les fibrilles micacées, que l'on voit souvent dépasser les petites strates schisteuses, seraient intervenues dans la disposition des cristaux de quartz.

L'alternance de feuillets schisto-siliceux avec des feuillets dolomitiques a fait que chacun des deux minéraux, quartz et dolomie, s'est fixé sur le substratum capable d'amorcer sa cristallisation.

La roche ne peut donc avoir « coulé », ce qui semble d'ailleurs être l'avis des deux auteurs qui nous occupent, car ils mettent sa déformabilité sous la dépendance de la mobilité de ses constituants. Dans son premier mémoire, Heim s'étendait déjà sur les cassures radiales de la dolomie (pp. 49-50) et sur la façon dont le tissu des petites strates se relâche dans le voisinage des fissures; toutefois, ces gerçures lui semblaient insuffisantes pour expliquer les ondulations qu'on constate, car la plupart des strates ne sont pas traversées complètement par ces ruptures.

Cette dernière remarque nécessite un correctif. Les gerçures de la dolomie sont, en effet, souvent alternantes; ce sont des crevasses de déchirure, de traction, en tous points comparables à l'exemple suivant, que je choisis dans mes notes :

L'argile à briques contient parfois des parties de composition et de consistance différentes, qui prennent une autre couleur à la cuisson. J'en ai trouvé un échantillon, collé à la surface d'une brique gris foncé, sur laquelle il se détache, en rouge clair, sous l'aspect de la figure 24. On y voit, de façon précise, que le petit ruban clair a été déchiré par étirement, lorsque l'ouvrier a jeté violemment la masse argileuse dans le moule en bois, pour qu'elle s'y étalât. La partie composée d'une pâte plus « courte » s'est crevassée en zigzags, sans qu'il y ait solution de continuité; grâce à sa fissuration partielle, elle a pu se ployer et suivre les mouvements de l'argile dans laquelle elle est partiellement enchâssée. De pareils crevassements s'observent aussi sur des barres carrées d'acier que l'on ploie.

On retrouvera cette structure dans le coticule de Vielsalm, et c'est elle aussi qui intervient partiellement dans la déformabilité de la roche du Röthi. M. Allenspach dit même (p. 230) que sa partie dolomitique est constituée par des « granules qui ne sont pas engrenés les uns dans les autres, comme dans le calcaire cristallin grenu; ils ne se touchent que par de petites surfaces. La texture est lâche, saccharoïde. Cette structure saccharoïde est de grande importance dans le présent cas; elle donne une certaine déformabilité à la dolomie. Ainsi une certaine déformation devient possible sans rupture visible. »

En voilà plus qu'il n'en faut pour expliquer les ondulations constatées! Je ne vois de « ployées sans rupture » dans la roche du Röthi, que les portions de strates micacées comprises entre deux petites

failles successives, où elles sont onduleuses ou courbées en S. Abstraction faite de l'état initial de la masse, que nous ne connaissons pas, les innombrables solutions de continuité, établies dans ce qui précède, lui donnèrent une infinité d'articulations et de plans de glissement, qui lui permirent de s'accommoder à l'espace que la compression lui assignait. Elle s'est comportée microscopiquement de façon analogue — je ne dis pas semblable — à celle dont s'est comportée macroscopiquement une autre roche stratifiée, sur laquelle il importe de jeter également un coup d'œil avant d'examiner les roches du pays.

Je dois cet échantillon, qui a été rapporté de l'Afrique par Holub, à mon collègue M. Ch. Bommer. L'étiquette porte : « Tanda-ma-panka, petite rivière, dans la partie septentrionale du pays des Bamangwerto Est ». C'est un grès, à éléments roulés de grosseur variable, allant jusque $0^{mm}15$, mélangés à des débris de feldspaths, de micas, de minéraux colorés et de granules de roches étrangères. L'ensemble a une teinte vert brunâtre, rappelant celle de la malachite de ces régions. La silice calcédonieuse cimente les grains quartzeux ; elle a aussi cristallisé dans tous les vides (fig. 25) en petits prismes de quartz (en blanc sur le dessin), partout normalement fixés sur leur support, mais ne remplissant qu'imparfaitement les cavités les plus grandes.

La roche, soumise au ploiement et ne pouvant s'adapter à une courbure accusée, s'est séparée en une série de lames pouvant supporter partiellement l'effort. Puis, ces lames se sont brisées et décollées à leur tour, comme le montre le dessin, où les principales strates sont numérotées de 1 à 5.

Or, une pièce plate, que l'on courbe, travaille à l'extension sur la face externe et à la compression sur la face interne ; la limite d'élasticité atteinte, la pièce va donc se fissurer à l'extérieur et se plisser, au contraire, à l'intérieur. C'est, en effet, ce que l'on observe pour les roches relativement déformables; mais cela n'a pu se produire pour la roche africaine, très peu malléable, où le ploiement devait aboutir à des ruptures et à des chevauchements. En effet, la couche 2, qui paraît peu crevassée sur la surface externe soumise à l'extension, n'a pu suivre le mouvement de compression sur la face interne, et une couche 2*a* s'en est détachée; puis, le raccourcissement que cette dernière subissait l'a brisée en tronçons, partiellement ployés, qui ont été poussés les uns contre les autres, et même les uns sur les autres.

La couche 3 a mieux résisté, tout en se courbant un peu. Sa flèche est de $3^{mm}3$ pour une corde de 91 millimètres, dans la partie restée apparemment sans fractures. Elle paraît donc s'être comportée comme

ces plaques de revêtement en marbre, qui ploient, sans se rompre, lorsqu'elles sont soumises au tassement d'une construction; conclure de là à l'« écoulement du marbre » ou à celui de notre grès, me paraît prématuré. Si les couches de la roche africaine avaient eu la minceur des strates dolomitiques de la roche du Röthi, elles eussent évidemment supporté une flexion plus accentuée sans autant de ruptures visibles. Du reste, on va voir qu'elles sont encore plus morcelées qu'on ne pense.

Quoique peu épais (11 millimètres), l'échantillon montre une disposition différente des brisures sur son autre face. Celle-ci, projetée sur la première, a l'aspect de la figure 25*a* et permet de reconnaître les nombreuses cassures de la couche 2. Il en est de même pour la couche 3, dont un morceau reste adhérer à 2*a*, etc. Enfin, les lames minces permettent de voir des petites failles, à faibles rejets, remplies de silice, qui tronçonnent les strates en tous sens. Pour permettre le ploiement, les fêlures n'atteignent donc pas, en direction, une grande longueur sur la crête des plis, mais elles alternent et se relaient, comme cela se voit dans toutes les pièces soumises à des déformations de ce genre.

Dans un autre échantillon analogue, sans lieu d'origine, provenant d'une ancienne collection d'agates, les strates de 1 à 2 millimètres d'épaisseur sont totalement concassées dans le sommet d'un pli aigu et les morceaux sont engrenés les uns dans les autres. Nelson Dale, dans ses études sur les roches des Green Mountains (fig. 99), et Van Hise, dans ses descriptions des jaspilites de Jasper Bluff (pl. CXIV), figurent des spécimens remarquables, qui sont également à citer ici.

Étudions maintenant le coticule, et nous y rencontrerons la plupart des structures qui viennent d'être discutées.

Grâce à la famille Jacques, qui exploite les carrières de pierres à rasoir de Salm-Château et des environs, j'ai pu obtenir tous les échantillons nécessaires à ma recherche et faire abattre ceux que je rencontrais dans les galeries. M. Victor Jacques a bien voulu en faire scier et polir un grand nombre dans ses ateliers, ce qui m'a permis de choisir et de repérer les fragments nécessaires à l'examen pétrographique. M. Deladrier a également enrichi ma série de quelques pièces intéressantes. A tous j'exprime ma sincère gratitude.

La description détaillée des phyllades à coticule a été faite à diverses reprises et de façon parfaite, notamment par Renard, Gosselet et De Windt. Quoique le sujet ne soit pas épuisé, il me suffira d'y revenir d'une façon générale dans ces notes, où les questions pétrographiques proprement dites sont reléguées à l'arrière-plan.

Suivant la Carte géologique (feuilles de Vielsalm, Lierneux, etc., levées par MM. Lohest et Forir), les bandes de coticule appartiennent au Cambrien (étage salmien supérieur).

Le coticule, ou pierre à rasoir, forme des couches de quelques millimètres à plusieurs centimètres d'épaisseur, jaune clair, mastic, parfois de coloration verdâtre ou violâtre, d'apparence talqueuse, un peu plus dures que le phyllade oligistifère violet qui les contient. Au microscope, la masse principale est surtout constituée d'un mica sériciteux, associé à du quartz et à une masse de granules de grenat spessartine; ces derniers ont $0^{mm}005$ et même moins, rarement le double. Le rutile abonde aussi, sous forme de petites aiguilles maclées habituelles, et encore, mais rarement, sous celle de macles en pointe de flèche. Enfin, on reconnaît de la tourmaline et de l'apatite.

En lumière polarisée, des plages isotropes, circulaires, anguleuses dans certains cas, de $0^{mm}2$ et $0^{mm}3$, se mettent en évidence dans plusieurs variétés; ce sont les « nœuds » de divers observateurs, les « noyaux » de Gosselet. Ce dernier les considère comme une forme particulière d'ottrélite. Conservons-leur le nom de noyaux, sans discuter leur nature minéralogique.

Ces roches sont remarquablement homogènes; on peut en tailler des douzaines de préparations, en examiner des centaines d'échantillons, sans y rencontrer d'autres défauts et inclusions que des fissures et des infiltrations de manganèse.

Par suite de sa coloration claire, le coticule se détache vivement sur le phyllade sombre qui l'enclave; aussi les échantillons avec ploiements et plissements présentent une netteté particulière, surtout que les deux roches prennent un poli parfait, permettant de lire déjà bien des particularités structurales sur les pièces simplement doucies. Les plaques minces, enfin, ne nécessitent aucun effort d'interprétation, tant elles sont démonstratives.

Les plissements de moyenne dimension sont assez nombreux dans certaines carrières; les coupes accompagnant les mémoires de Baur (fig. 3 et 4) et de Dumont (p. 137) sur ces gisements en représentent des exemples. D'autres contournements sont de bien moindre étendue, ce qui en facilite l'étude d'ensemble. Je m'en tiendrai à ceux-ci, car les conclusions qui leur sont applicables le sont, à fortiori, aux ondulations à grands rayons de courbure.

Plusieurs de ces plissements sont représentés en grandeur naturelle planche XIV, dont les croquis sont calqués sur les pièces mêmes, et hachurés conventionnellement pour rester aussi schématiques que les originaux.

Généralement, la schistosité est très dérangée dans le voisinage de ces plissements, ainsi qu'en témoignent le contour des échantillons et l'arrangement des fissures que l'on devine sur les faces polies normalement au feuilletage. Afin de poursuivre le parcours de ces fissures, on humecte légèrement les pièces dressées et doucies; l'eau, séjournant plus longtemps dans les joints, les décèle, et il n'y a plus qu'à les souligner au crayon blanc, puis les calquer. Ces joints ne traversent pas le coticule, ainsi que Dumont l'avait déjà noté (p. 136); il y a pourtant des exceptions.

Orientons-nous d'abord par l'examen macroscopique de quelques échantillons extraits des carrières de Salm-Château (fig. 26, 27 et 28). Ils frappent surtout par l'égalité d'épaisseur que conserve la mince couche de coticule (en pointillé), malgré les contournements qu'elle subit. Son homogénéité est parfaite; on croit voir un trait de pinceau, jaune clair, souvent bordé de rouge, sur un fond bleu-noir. Les courbes sont d'ordinaire si brusques, qu'elles ne semblent conciliables qu'avec une déformabilité considérable de la matière jaune. Cette supposition est corroborée par l'aspect des coupes successives, normales aux plis, d'un même échantillon (voir figures), car elles présentent de rapides changements dans l'allure des contournements. Quelles que soient les causes de cette plasticité apparente, elle ne saurait pourtant dépendre d'un flux, puisque des brisures nombreuses articulent les plis. Elles se reconnaissent sur toutes les pièces, quoique les rejets soient peu accusés, même nuls. (Voir compléments à l'explication de la planche.)

Prenons comme exemple la coupe médiane de l'échantillon représenté figure 27, où le coticule mérite d'être étudié dans la partie rompue. En lumière réfléchie, le microscope révèle en ce point (fig. 27*c*) plusieurs fissures recoupant un coude brusque. L'extrémité relevée est élargie par friction et paraît s'être étirée en une fine traînée, qui relie les deux bouts de la couche. Il sera question de ce filament lorsqu'on le retrouvera dans les lames minces, où il est possible de l'analyser en détail. L'ensemble de la structure démontre que la couche jaune était plus résistante, au moment du ploiement, que la substance violette qui l'entoure. Le contraste entre la façon dont la compression a affecté le coticule et la manière dont elle a agi sur les liserés rouges qui le bordent souvent, confirme cette hypothèse. Ces liserés ont subi les déformations d'une masse réellement pâteuse : ils sont étirés dans les parties externes des plis et épaissis, au contraire, dans les parties internes de ceux-ci. Lorsque la couche de coticule est rompue, son bord tranchant les refoule, ou y pénètre, sans s'émousser lui-même,

mais aussi sans les briser. Le petit échantillon de la figure 30 est instructif à cet égard; la deuxième coupe (fig. 30*a*) qui l'accompagne, quoique prise à 1 centimètre seulement en avant, accuse pourtant une différence notable dans l'allure du plissement. Intéressante est l'inversion de la petite faille sur cette courte distance.

La plasticité plus grande de la masse violette, du phyllade proprement dit, se manifeste, de son côté, par les ondulations grisâtres (hachurées sur les dessins) qui suivent plus ou moins celles du coticule. Ces bandes grises tendent à devenir parallèles, déjà à quelques centimètres au-dessus et au-dessous des couches de coticule; bref, le phyllade présente les caractères d'une pâte « courte » qui s'est laissée refouler, sans plissements accusés, dans les parties homogènes, mais qui a subi des mouvements, allant jusqu'aux ruptures répétées, dans les parties les plus écrasées, c'est-à-dire entre les jambages des plis du coticule. En ces points, le schiste violet, fortement pincé, est souvent séparé par un joint, qui ne traverse pas toujours le coticule. Ce joint est visible sur la plupart des pièces, grandes ou petites, le schiste ayant une tendance à se fendre en cet endroit (fig. 26); dans les coupes microscopiques, on reconnaît un rejet qui s'arrête contre le coticule (fig. 33).

Ces échantillons représentent donc, dans leur ensemble, les structures produites dans les laboratoires par la compression latérale de lames d'une substance assez dure, intercalées entre des lits de matières ayant plus de plasticité, telles que nous les montrent les expériences de Reyer (expérience 292, fig. 7 à 9 et autres) et celles de Bailey Willis (notamment pl. LXXVI).

La dureté plus grande du coticule de certains gisements au moment du plissement, son indépendance du phyllade qui le contient, sont encore attestées par la façon dont les couches jaunes se détachent de la roche violette en grandes pièces (plusieurs décimètres) demi-cylindriques, à surface finement ridée. Leurs bords, régulièrement dentelés, rappellent les cassures d'une lame de verre tordue de la classique expérience de Daubrée. L'analogie est ordinairement complétée par l'apparition d'un réseau de fractures, parfois imprégné de manganèse, remarquablement précis, qui partage la pièce en losanges de toutes dimensions, dont quelques-uns sont encore clivables en débris réguliers plus petits. Ces gouttières sont ainsi divisées en un damier, de sorte qu'en numérotant les rhombes, avant de les détacher, on peut reconstituer des échantillons tels que celui de la figure 31, qui est réduit de moitié (les coupes en pointillé).

Les résultats de l'examen macroscopique conduisent à la conclusion que le phyllade de Salm a été déformé par une pression énergique, alors qu'il était plastique à des degrés divers.

Les couches de coticule intercalées, plus résistantes, n'ont suivi que partiellement cette déformation. Elles se sont courbées en se couvrant d'un réseau de fissures, ou en se brisant avec déplacement des tronçons; le refoulement a fait pénétrer les parties séparées dans la masse enveloppante, plus molle.

Pourtant, ces solutions de continuité sont, en général, trop peu nombreuses et trop bien jointes pour qu'elles puissent expliquer les ploiements accusés dont il est question ici. Recourons donc à l'examen microscopique avant de conclure définitivement.

En lames minces, le coticule plissé accuse une fissuration intime, normale à la couche, souvent visible seulement en lumière polarisée, grâce à la mosaïque brillante de quartz secondaire, comblant les gerçures de la couche jaune isotrope.

Quand le plissement a été accompagné d'une traction, le coticule est déchiré en zigzags, qui reproduisent microscopiquement la structure décrite antérieurement (fig. 32). Alors le travail de déplacement est si intense, que partout les lamelles sériciteuses sont disposées parallèlement aux surfaces de la couche déformée, sollicitant le quartz, qui a cristallisé ensuite entre elles, à prendre la même orientation (fig. 32*a*). Dans le sommet des plis aigus, les fissures sont volontiers radiales. Lorsqu'elles sont invisibles, ce qui arrive même pour des plis très brusques, en V, on constate que l'accumulation de grenats se relâche dans la partie externe de la courbe, tandis qu'elle se resserre tellement dans la partie interne, qu'elle en devient presque opaque.

La disposition radiale peut également affecter les grenats du liseré rouge qui borde extérieurement la couche de coticule; le liseré interne est alors froncé en petites ondulations, qui se brisent dans l'intérieur de la courbe. Enfin, le reste de la masse violette entourante, écrasé dans le pli, est coupé en deux par la fissure médiane déjà signalée sur les pièces plus volumineuses. Ce joint ($0^{mm}06$ et moins) est souvent comblé par de la matière micacée et du quartz; il a été dit qu'il ne traverse ordinairement pas le coticule et qu'on constate, au microscope, la présence du rejet causé par le glissement d'une partie de la masse violette, qui se cisaillait pour se coincer dans le pli, tout en facilitant sa formation (fig. 33).

Ces refoulements furent, on l'a vu, accompagnés de nombreuses fissures dans le coticule, qui n'a cédé — le microscope le montre —

qu'après avoir été littéralement déchiré. Dans la plupart des déplacements, et surtout des chevauchements, on trouve le filament reconnu antérieurement sur les grands échantillons (fig. 27 et 27*c*). Lorsqu'on examine ce filament sous une suffisante amplification, on le trouve constitué par des lamelles de mica, arrachées surtout aux parties les plus retroussées du schiste violet, et écrasées sur le plan de glissement (fig. 34) ; de petites traînées de grenats, avec particules d'ilménite, s'y voient aussi. Dans l'exemple figuré, l'extrémité la plus exposée à la friction de la couche de coticule a également abandonné une petite bavure de granules de spessartine. Le quartz s'est logé entre les mailles de ce réseau, y formant souvent des grains allongés ; l'ensemble simule ainsi une structure que certains observateurs attribueraient probablement à un laminage du quartz.

L'effort mécanique ayant été porté à son maximum dans les parties qu'on vient de décrire, les liserés différemment colorés, bordant le coticule, y sont refoulés de maintes façons : les uns se séparent de la couche jaune, se retroussent, ou sont complètement pétris dans le phyllade violet; d'autres s'étirent et se rompent.

L'examen microscopique confirme donc la conclusion déjà énoncée et la complète, car il montre comment les couches jaunes tronçonnées s'articulent par déchirures, de manière à pouvoir se courber sans trop de ruptures complètes. Les grenats arrondis ou fusiformes, enrobés dans la séricite, en roulant les uns sur les autres, facilitent encore le ploiement.

L'imprégnation siliceuse ultérieure a enlevé à ces roches leur déformabilité première ; certaines en ont pourtant conservé des traces, permettant leur séparation en feuillets, par enfoncement progressif d'un outil.

Ces descriptions rappellent, peut-être insuffisamment, que les diverses couches de phyllades à coticule sont, en somme, de même composition. Les granules de spessartine sont bien de grosseur différente et en quantité variable dans les diverses strates, mais ils constituent partout, avec le mica et plus ou moins de rutile, les éléments principaux de ces dépôts, quelles qu'en soient la coloration et la consistance. Ces roches résultent donc de réactions et de dépôts variables dans de faibles limites seulement; on ne saurait attribuer leur composition actuelle à une action métamorphique postérieure à leur formation.

A la façon dont les minéraux constituants se déplacent dans les parties dont la structure est tourmentée par la pression, on voit que les actions mécaniques n'ont fait qu'orienter des corpuscules préexistants;

elles ne sont pour rien dans leur genèse. J'en arrive ainsi, par une autre voie, à confirmer l'opinion antérieurement formulée par Renard (p. 38).

Le même savant a aussi reconnu exactement (note, p. 39) l'origine des veines jaunâtres, parfois ramifiées, que l'on voit dans le phyllade oligistifère violet et qu'on pourrait prendre pour une infiltration du coticule. Ces veines sont le produit d'une décoloration du phyllade le long de fissures ; je les ai reproduites par l'action d'un acide. Mais on observe encore sur certaines pièces déjà débitées et doucies, des apparences analogues, qui ont une tout autre origine. On y voit, sur la tranche de la pierre, au joint entre le phyllade violet et le coticule normal, que ce dernier envoie des prolongements, en forme de coins très aigus, de 1 à 2 millimètres, dans la roche foncée. Au microscope, on reconnaît l'existence de petits rejets, qui se suivent parfois très régulièrement et n'entament qu'une partie moins résistante du coticule, la partie plus dure de celui-ci ayant servi de plan de glissement aux petites failles (voir fig. 35 et explication des planches).

D'autres gisements de la région, celui d'Ottré notamment, possèdent des phyllades dans lesquels l'allure des couches jaunes diffère de celle qui vient d'être décrite. Sur plusieurs pièces dressées et polies, on retrouve bien des ploiements et plissements analogues aux autres, mais le coticule s'y montre d'épaisseur irrégulière. Dans les courbes, il se sépare en feuillets délicats, ondulés ou déchirés. Les bandes de coloration verdâtre (mica prédominant), parfois gris-bleu, qui l'accompagnent correspondent aussi à de très fines strates, de quelques centièmes de millimètre d'épaisseur, plus ou moins riches en pigment noir (oligiste, manganèse, ilménite), dont chacune est susceptible de se contourner différemment. Ces chiffonnements microscopiques sont accompagnés d'une microschistosité, discernable seulement en lumière polarisée. Les tronçonnements, les brisures avec rejets, du coticule, ont disparu, pour faire place aux étirements et aux renflements exigés par une matière très plastique, refoulée (fig. 36). Certaines parties sont peut-être un peu moins déformables que d'autres, quoiqu'elles soient aussi affectées par les chiffonnements et accusent de la microschistosité. Les joints les traversent souvent; lorsqu'il y a des déchirures, elles se relaient en S très allongés. Elles ne font donc que confirmer la plasticité de la substance.

La composition minéralogique de ces variétés de coticule est analogue à celle des autres, avec cette différence que de fines strates, fort riches en mica (en lamelles jusque $0^{mm}2$ sur $0^{mm}1$), alternent avec

des feuillets de quelques centièmes de millimètre à plusieurs millimètres, où le grenat domine. On comprend que les feuillets hétérogènes de ces couches aient glissé et se soient décollés pour se plisser isolément, ainsi qu'on le constate dans les coupes, où l'on trouve les pellicules grenatifères contournées, comme flottantes dans le quartz secondaire qui les maintient. La silice constitue le remplissage principal; elle est à grains volumineux entre les strates séparées. Étant la dernière venue, il faut bien admettre que la compression a eu lieu lorsque la roche était encore plastique.

Le grenat de ces coticules très peu résistants se comporte encore comme un minéral primaire; son origine ne saurait être attribuée aux réactions dépendantes de la pression. Par contre, il y a, dans ces roches, des petites accumulations de ce minéral qu'il me reste à mentionner et qu'on pourrait éventuellement mettre en relation avec le dynamométamorphisme.

Ce sont de minuscules cavités (moins de 1 millimètre) entre les décollements des feuillets du coticule, tapissées de granules jaunes de grenat ayant les caractères de ceux de la roche, mais de cinq à dix fois plus volumineux (fig. 29). Ils sont accompagnés d'un peu de rutile et entourés de quartz à gros grains. Exceptionnellement, un échantillon montra quelques vides allongés, de 2 à 3 millimètres, entre les membranes de coticule, où ce remplissage manquait totalement.

Le grenat secondaire, désignons-le ainsi, paraît s'être formé dans tous les gisements de ces phyllades. A Vielsalm, j'en ai recueilli, près des ardoisières, un spécimen typique sous forme d'une lentille schisteuse, dont la description complète m'entraînerait trop loin. Je me borne à en dire ce qui intéresse mon sujet. C'est un débris plat, de 6 $\times$ 5 centimètres et 3 centimètres d'épaisseur, dont les surfaces portent les traces d'un écrasement marqué. La section présente deux systèmes de cassures, dont les unes — appelons-les horizontales — sont plus ou moins parallèles aux plats de la pièce, tandis que les autres sont généralement verticales. Ces dernières, surtout remplies de quartz, atteignent une largeur de 2 millimètres. Une tache irrégulière, jaune rougeâtre, ayant jusque 7 millimètres de largeur, allongée dans le sens des fissures horizontales, se détache sur le fond sombre de la section; les veines quartzifères verticales la recoupent également.

Une lame mince établit que l'on a affaire à une partie lenticulaire écrasée d'un phyllade, tellement chargé de pigment noir, qu'on n'y voit guère que celui-ci, réuni en grumeaux très petits. Cette masse est littéralement effeuillée par les fissures dites horizontales et se présente,

en coupe, sous l'aspect de petites lignes noires, d'épaisseur variable, descendant jusqu'à un centième de millimètre. C'est sur les surfaces de ces membranes sans consistance que le grenat a cristallisé, sous forme de granules jaune-rouge, ayant de plusieurs centièmes jusqu'à un dixième de millimètre de diamètre; parfois, on croirait voir des perles irrégulières enfilées par des fils opaques (fig. 37). Mais ces fils ne sont jamais continus; ils sont tronçonnés par le deuxième groupe de fissures, qui en isolent des bouts de longueur variable. Ailleurs, le caractère filonien du grenat est si évident, que le dessin d'une de ces parties suffira à l'établir (fig. 38). Le grenat est accompagné de prismes courts, hexagonaux ($0^{mm}3$), d'apatite, minéral déjà signalé dans la région par M. L.-L. De Koninck, ainsi que d'ilménite en grillages plus volumineux encore (1 millimètre). Ce dernier minéral s'est formé en même temps que ce grenat, qu'il englobe partiellement (fig. 39). Le quartz, les lamelles d'un mica verdâtre peu pléochroïque, et des rosettes de chlorite, remplissent les vides.

La tache jaunâtre, mentionnée plus haut, est presque exclusivement composée de grenats, dont les dimensions dépassent considérablement celles des granules mentionnés dans ce qui précède ($0^{mm}25$). Ils forment un pavage, dont chaque élément est rempli de particules biréfringentes, souvent accumulées vers son centre. Cette partie ne semble pas avoir jamais eu une structure compacte; le sciage de la tranche destinée à la préparation microscopique y a décelé l'existence d'un petit vide, de près de 2 millimètres, tapissé de granules de spessartine, auquel le sondage, avec un crin, assigne une profondeur de 4 millimètres. Le métamorphisme n'aurait donc eu pour résultat dernier que le remplissage incomplet de veinules microscopiques, c'est-à-dire une influence nulle, surtout si l'on veut admettre que ces roches étaient déjà consolidées au moment où la pression les plissa ou les brisa.

Il y a plus : cet échantillon a subi une deuxième déformation, marquée par le système de fissures verticales, et, cette fois, la silice seule, avec un peu de chlorite, vint combler les espaces ainsi créés. Où chercher la différence radicale entre les deux espèces de remplissage, si ce n'est dans l'état même de la roche, qui était, au début de sa complète solidification, encore susceptible de fournir les éléments d'une génération de cristaux de spessartine, faculté qu'elle perdit ensuite complètement? En effet, les étapes dans la fissuration de cette pièce sont particulièrement concluantes. C'est ainsi que le filonnet représenté figure 38 montre, sous un plus fort grossissement que celui

du dessin, des interruptions dans la croûte de grenats de ses parois, à l'aboutissement de chacune des déchirures plus ou moins verticales. Ces déchirures ne traversent pas la masse chloriteuse qui remplit l'intérieur du petit filon, sa structure feutrée lui permettant de se prêter à ces minuscules déplacements. Mais aux points où les gerçures sont par trop larges, la chlorite s'étire et ses lamelles se rangent parallèlement; elles furent ensuite imprégnées de quartz. La précision et la délicatesse des mouvements qui affectèrent ces roches sont prouvées par ces détails structuraux et beaucoup d'autres; on se voit toujours ramené devant la nécessité d'écarter toute supposition de « flux », de déformation sans ruptures, lors de la première compression. On conçoit, en outre, qu'au moment de la deuxième compression, la roche devait encore avoir une certaine malléabilité, quoique étant déjà très consistante : l'argile presque sèche est cassante; pourtant elle conserve une plasticité suffisante pour recevoir et conserver des empreintes d'une grande finesse. Le fait est facile à vérifier avec l'argile à modeler; il sert de base au moulage de certains produits céramiques.

Actuellement, le phyllade violet de Salm a encore une certaine déformabilité permettant d'y imprimer une pièce de monnaie (nickel dur) sans produire trop de brisures.

Les dépôts qui nous occupent ont pu rester à l'état consistant, déformable, durant les temps géologiques, jusqu'au moment où la silicification fixa définitivement leur structure. Il est probable que cette imbibition ne s'est faite qu'à un moment donné de leur histoire; elle n'aura pas été continue, comme on est tenté de l'admettre. Weinschenk (I, pp. 115 et 134) réfute avec raison l'hypothèse de l'imprégnation constante des roches profondes; elle tombe devant les observations quotidiennes dans les travaux miniers.

La supposition que nos roches auraient été des masses micacées, profondes, relativement sèches, gardant une certaine malléabilité, n'exclut pas la nécessité de faire intervenir la puissance colossale des pressions orogéniques, pour les modifier jusque dans leur structure microscopique. Que ces pressions aient eu une part d'intervention dans les actions chimiques, qu'elles aient facilité la minime sécrétion de grenat secondaire dans les phyllades salmiens, qu'elles aient activé le remplissage des interstices de la roche du Röthi, tout cela est concevable sans qu'il faille en arriver à admettre des transformations radicales. Roth a dit, avec raison, que l'existence du métamorphisme demande non à être admise, mais à être prouvée.

Quelques renseignements de nature à nous éclairer sur l'état primitif des phyllades salmiens et autres, sont aussi à déduire des travaux de plusieurs savants qui se sont plus particulièrement livrés à l'étude de la schistosité, en évitant de se méprendre sur la portée de leurs résultats. Les prudentes applications expérimentales de Daubrée, notamment, devraient rester une des bases sur lesquelles il faudrait continuer à s'appuyer dans des recherches de ce genre. Ce savant a été frappé, comme d'autres observateurs, de certains faits qu'il importe de remettre en lumière. C'est d'abord le faible déplacement relatif des matériaux fractionnés, épars dans les roches schisteuses; puis la présence de vides laissés par le cheminement de ces débris. Les bélemnites tronçonnées des Alpes ne montrent qu'un allongement de 10 à 20 centimètres (Heim, pl. XIV et XV), et les exemples abondent, de cristaux microscopiques brisés, ne subissant que d'infimes déplacements. Les petits feldspaths des roches porphyriques de l'Ardenne française sont fractionnés par des crevasses de moins de $^1/_2$ millimètre, remplies de quartz et de mica secondaires; les grands cristaux (jusque 10 centimètres) n'ont que des fissures de quelques millimètres, incomplètement remplies; comme pour les bélemnites, la pâte n'y pénètre que près des bords. Les divers schistes mentionnés ici, fourniraient des observations analogues. Ce qui prouve, dirai-je avec Daubrée, « que l'étirement a eu lieu lorsque les roches rendues, il est vrai, plastiques par l'énergie de la pression, étaient cependant à l'état solide. Les expériences montrent, en effet, que dans une substance pâteuse les vides se déforment et puis se comblent, au moins partiellement. »

Pourtant la structure d'une foule de roches ne dépend pas d'un *écoulement,* d'un *boudinage,* d'un *laminage,* dans le sens habituel de ces termes, car alors les débris fossiles ou minéraux se seraient alignés sur des longueurs considérables, métriques pour le moins (expériences de Daubrée), et l'on devrait même en trouver d'étirés en fils d'une ténuité extraordinaire (expériences de Spring). Rien de semblable n'a été constaté, d'où cette autre remarque de Daubrée que « dans les expériences on voit... qu'il suffit que les particules subissent un déplacement très faible, de quelques centimètres à peine, pour qu'elles s'alignent et qu'un feuilleté très régulier en soit la conséquence ».

Ces faits constituent une barrière qui doit maintenir nos déductions dans de justes limites. Les théories ont une tendance à exagérer l'importance de la compression, alors qu'il est établi que si l'action mécanique s'est bien transmise aux moindres particules des roches, leur écrasement et leur orientation ont eu lieu presque sur place. Ce caractère des masses schisteuses est constant.

Quelles que soient les roches ployées que nous examinions, nous y trouvons également les déformations figées dans un stade qui n'est certes pas le maximum de ce que la compression pourrait produire. Ordinairement, les plissements n'excèdent guère la valeur moyenne établie par F.-M. Stapff, l'ingénieur-géologue du tunnel du Gothard. Ses observations et ses calculs lui montrèrent « que la moyenne de tous les angles possibles sous lesquels une droite peut se briser est 79°; et la forme moyenne de tous les plissements simples est le demi-cercle, dont la longueur est au diamètre comme 0,6366 : 1 ». La probabilité de réalisation de ces valeurs étant 0,477, il est admissible que dans la moitié des cas on trouvera une réduction de 0,6 dans la longueur des couches simplement courbées ou plissées. Il est, en effet, plus rare de voir les flancs des plis se toucher, s'écraser, se sectionner complètement (isoclinal; éventail; noyau d'étranglement de la nomenclature Heim-de Margerie). Un coup d'œil jeté sur les plissements figurés sur la planche XIV ci-jointe montre que, dans les phyllades à coticule, ils confirment la règle, quoique certains dépassent la valeur indiquée. J'ai observé sur place, à Vielsalm, des courbes plus exagérées encore, affectant presque la disposition d'un 8. Ce sont là des exceptions localisées déjà; car, en général bien entendu, on ne rencontre pas dans les montagnes, où abondent les plissements grands et petits, d'exemples de contournements sans rupture apparente, d'une même couche, atteignant le degré de ceux que l'on obtient industriellement ou expérimentalement.

Cet arrêt apparent dans l'action mécanique, au moment où elle doit pourtant avoir acquis une intensité considérable, attestée par les structures observées, me semble devoir être interprété de la façon suivante, en me basant sur une indication déjà donnée par Daubrée dans un paragraphe intitulé : *Mouvements brusques qui ont pu résulter des déformations lentes*, et sur ce que mes propres essais m'ont appris.

On doit évidemment admettre que la force capable d'agir sur la microstructure et la disposition de masses aussi épaisses que le sont les dépôts sédimentaires, fussent-ils à l'état d'argile encore plastique, quoique plus ou moins sèche, a dû être irrésistible.

Mais ces modifications intimes (orientation, schistosité, structure fluidale, ploiements, etc.) amenèrent des transformations physiques de ces dépôts, qui tendaient à devenir cassants. Des brisures de toutes dimensions ne tardèrent pas à les traverser dans leur épaisseur entière, et les blocs grands et petits, ainsi isolés, se déplacèrent d'une pièce. A ce moment, l'action sur les particules constitutives cessa brusquement

pour faire place à une fissuration non parallèle à la schistosité, au charriage, etc. L'action modificatrice de l'eau fut ensuite instituée, ou rendue plus facile.

Telle est du moins la marche des phénomènes qui se laisse déduire des expériences, même lorsqu'il s'agit de substances réellement plastiques. La présence de l'eau, dans celles-ci, ne fait que retarder l'apparition des brisures; elles finissent toujours par se produire. Kick et Polak ont établi qu'une différence en plus de quelques pour-cent d'eau, dans une terre à porcelaine, la rend coulante, de cassante qu'elle était; j'ai souvent eu l'occasion de vérifier ce résultat, dans la nature et dans le laboratoire.

Les conclusions exprimées à diverses reprises dans le cours de ce travail me permettent de m'en tenir, en le terminant, à quelques courtes remarques. L'antagonisme entre les partisans de la déformation sans ruptures et ceux qui défendent l'opinion inverse, est surtout entretenu par l'abus de termes tels que *plasticité*, *flux*, *écoulement des roches*, sans détermination exacte de leur portée; il est entretenu aussi par la généralisation d'expériences exécutées avec des matières cassantes sous certains efforts, mais plastiques sous d'autres, ou encore des essais faits avec des substances ayant la faculté de se déformer par glissement (expériences de Rinne sur le sel et le marbre). Ces malentendus tendent à se niveler devant l'accumulation croissante d'observations qui établissent le broyage préalable et le déplacement des éléments des roches soumises à une déformation. Les définitions transitoires, telles que celle qui admet que la *plasticité* serait un glissement des molécules d'un corps, résultant d'une infinité de *ruptures* infiniment petites, disparaîtront. Avec elles tomberont les raisonnements mal établis, basés à la fois sur les expériences de Tresca et de Spring, prouvant l'écoulement de certains solides, et celles de Forchheimer, montrant l'étirement de couches de sable. Quoique la section longitudinale du jet soit semblable dans les deux cas, il faut éviter de les confondre. L'étude de la structure intime, aussi complète que possible, s'impose dans ces recherches, si l'on veut éviter d'être victime d'analogies trompeuses.

Tous les minéraux constitutifs des roches sont déformables sans ruptures, ainsi que cela est établi par leurs propriétés mécaniques et optiques; mais la limite d'élasticité étant vite atteinte pour la plupart d'entre eux, ils se brisent en fragments d'autant plus abondants et plus petits que les déformations de la masse qui les contient sont plus grandes. L'ensemble est ainsi concassé en éléments suffisamment

réduits et recoupé de fêlures suffisamment nombreuses pour que la masse suive les mouvements qui lui sont imposés. Lorsque les éléments sont primitivement assez minces pour qu'ils puissent, soit se déformer chacun réellement sans ruptures, soit glisser les uns sur les autres, la roche s'articule, pour ainsi dire, lentement et les déformations sont encore possibles sans brisures étendues et répétées. La présence de minéraux intercalaires, tels que le mica, le graphite et d'autres, facilite considérablement ces changements de forme, ainsi que la plupart des spécialistes l'ont reconnu.

La savante précision avec laquelle plusieurs auteurs ont décrit des minéraux, des roches, des fossiles présentant des apparences de déformations sans ruptures, permet de reconnaître, malgré des conclusions opposées, que les interprétations adoptées dans cette étude leur seraient applicables.

Addendum.

La première partie de ce travail était imprimée lorsque je reçus de M. l'ingénieur Ch. Lefebure un beau cube de pyrite des schistes de Rimogne, montrant les particularités décrites, mais de façon singulièrement accusée, par suite de la fraîcheur du cristal et de ses dimensions.

Il a la forme d'un prisme court à base rectangulaire ; ses plus grandes arêtes ont 34 millimètres de long et il pèse 122 grammes environ. Dans l'ensemble, il paraît gauchi, deux des quatre faces visibles, polies, ayant la forme de losanges. Deux faces étaient cachées sous la matière schisteuse translucide, qui y adhérait fortement par écrasement.

Le décroûtage a mis à nu leurs surfaces très inégales, creusées chacune d'une grande trémie, dont il sera question plus loin. L'une et l'autre ont, en outre, une arête arrondie comme par un coup de lime qui aurait abandonné des stries obliques. Une de ces arêtes arrondies forme l'angle (001) : (100); l'autre, l'angle $(00\bar{1}) : (\bar{1}00)$, si l'on oriente le cristal de manière à donner, à cette espèce de prisme, les deux faces creuses pour bases. Considérant la forme des faces, on a donc :

(100) rectangulaire . . .	Faces polies, avec stries d'accroissement.
(010) losange	
$(\bar{1}00)$ rectangulaire . . .	
$(0\bar{1}0)$ losange	
(001) rectangulaire . . .	Faces inégales, ternes, avec grandes trémies.
$(00\bar{1})$ rectangulaire . . .	

Les mesures goniométriques, par réflexion, des faces de la zone verticale ont donné (angles normaux) :

$(100) : (010)\ 89^{\circ}34'$
$(010) : (\bar{1}00)\ 90\ 00$
$(\bar{1}00) : (0\bar{1}0)\ 90\ \ 8$
$(0\bar{1}0) : (100)\ 90\ \ 2$

Il n'y a par conséquent pas de déformation dans cette zone; l'apparence de gauchissement provient uniquement de la forme losangée des deux faces latérales (010) et $(0\bar{1}0)$. En effet, leurs angles *plans* sont environ :

Face (010). . . .	$(001) : (\bar{1}00)\ 85^{\circ},0$
	$(001) : (100)\ 98\ 8$
	$(100) : (00\bar{1})\ 86\ 0$
	$(00\bar{1}) : (\bar{1}00)\ 95\ 2$

Je remarquerai toutefois que le premier angle est sensiblement droit dans le voisinage de l'arête; c'est l'ensemble des défectuosités de (010) qui donne la valeur aberrante. Pour l'autre face on a :

Face $(0\bar{1}0)$. . . .	$(001) : (\bar{1}00)\ 88^{\circ},0$
	$(001) : (100)\ 88\ 0$
	$(100) : (00\bar{1})\ 88\ 2$
	$(00\bar{1}) : (\bar{1}00)\ 92\ 0$

Ici, les deux premières valeurs mettent en évidence un faible angle rentrant, analogue à celui déjà constaté sur les cristaux de Houffalize (fig. 5, 8, 10 et 13); il n'occupe qu'une partie de la face (001), comme l'on voit. La dernière mesure paraît trop faible en comparaison de l'estimation à simple vue, parce qu'on a négligé la courbure prononcée de la face $(00\bar{1})$ près de cet angle.

Si maintenant on passe à la mesure sommaire, par réflexion, d'une zone comprenant les deux faces rugueuses et creusées de trémies, en utilisant les plages réfléchissantes qu'elles possèdent néanmoins, on obtient les angles normaux approximatifs ci-après :

$(100) : (001)\ 89^{\circ}35'$
$(001) : (\bar{1}00)\ 89\ 41$
$(\bar{1}00) : (00\bar{1})\ 90\ 43$
$(00\bar{1}) : (100)\ 89\ 59$

Ce résultat, quoique moins précis, pour des raisons faciles à comprendre, est comparable à celui qu'avait fourni la zone verticale, et la conclusion s'impose, que l'ensemble du cristal, malgré sa taille exceptionnelle, les fines fissures qui le sillonnent parallèlement aux arêtes, sa fragilité près des arêtes, son aspect gauchi, ses stries et l'effort de laminage intense indiqué par le schiste incrusté dans les trémies, n'a subi aucune déformation mécanique.

Il me reste à décrire rapidement les trémies. Celle qui occupe la face prise comme $(00\bar{1})$ a 10×22 millimètres et une profondeur de 3 millimètres; elle montre quelques gradins. Le fond, qui est plan, a les stries et cannelures habituelles de la pyrite. La cavité de (001) rappelle, par son petit prolongement, celles des cristaux de Houffalize (notamment fig. 8); elle présente également des gradins, mais avec facettes accessoires mesurables.

Par suite des cannelures et autres imperfections, ces facettes ont un développement inégal pouvant faire croire à l'existence d'une des formes compliquées de la pyrite; la mesure a établi qu'il s'agissait de simples faces d'octaèdre, car la plus grande d'entre elles a donné, par réflexion (angles normaux) :

$$\left.\begin{array}{l} (1\bar{1}1) : (001)\ 54^\circ 45' \\ (1\bar{1}1) : (0\bar{1}0)\ 54\ 38 \\ (1\bar{1}1) : (100)\ 54\ 44 \end{array}\right\} \text{au lieu de } 54^\circ 44' 8''$$

L'échantillon est donc normal dans son ensemble extérieur. Même si l'on voulait attribuer certaines de ses stries, ainsi que ses deux arêtes si fortement arrondies, à une usure par écrasement, cette action aurait été impuissante à amener une déformation reconnaissable du cristal.

Laboratoire de Géologie et de Minéralogie de l'Université de Bruxe les.
Juin 1904-Juillet 1905.

OUVRAGES CITÉS OU CONSULTÉS

ALLENSPACH, G., Dünnschliffe von gefälteltem Röthidolomit-Quartenschiefer am Piz Urlaun. (*Vierteljahrschr. d. Naturf. Gesell.* Zurich, t. XLV, 1900.)

BAUR, Ueber die Lagerung der Dachschiefer, über Wetzschiefer und über die von der Schichtung abweichende Schieferung der Thonschiefer im nordwestlichen Theile des Dürener Bergamts-Bezirks. (*Archiv f. min Geognosie, etc., de Karsten et v. Dechen,* t. XX, 1846.)

BECKE, FRIED., Aetzversuche am Pyrit. (*Min. Mittheil. de Tschermak,* t. VIII, 1887.)

BECKE, F., Ueber Mineralbestand und Struktur der kristallinischen Schiefer. (*Denkschr. d. Akad. d. Wiss. Wien,* t. LXXV, 1903.)

BODMER-BEDER, A., Durch Gebirgsdruck gebogene Quartz-Kristalle. (*Centralblatt f. Min., Geol. und Paleont.,* n° 3, 1900.)

DALE, NELSON, Structural details in the Green Mountain region. (*Sixteenth Ann. Rep. U. S. Geol. Survey,* 1894-1895.)

DAUBRÉE, A., Géologie expérimentale, 1878.

DE KONINCK, L.-L., Sur la présence de l'apatite cristallisée dans l'étage salmien. (*Bull. Acad. roy. de Belgique,* 2e sér., t. XLIV, 1877.)

DE WINDT, J., Sur les relations lithologiques entre les roches considérées comme cambriennes des massifs de Rocroi, du Brabant et de Stavelot. (*Mém. cour. Acad. roy. des Sc. de Belgique,* t. LVI, 1898.)
(La planche III doit être retournée pour correspondre au texte explicatif.)

DORLODOT (DE), L., Quelques observations sur les cubes de pyrite des quartzites reviniens. (*Ann. Soc. géol. de Belgique.* [Liége], 1904.)

DUMONT, ANDRÉ, Mémoire sur les terrains ardennais et rhénan, etc. (*Mém. Acad. roy. des Sc. de Belgique,* t. XX, 1833.)

FORCHHEIMER, PH., Versuche über Gleitflächenbildung und Schichtenfaltung. (*Neues Jahrb. f. Min., etc.,* 1893.)

FRAAS, EBERHARD, Scenerie der Alpen, 1892.

GOSSELET, J., Études sur l'origine de l'ottrélite. (*Ann. Soc. géolog. du Nord,* t. XV, 1887-1888.)

GRUBENMANN, U., Die kristallinen Schiefer (I, Allgemeiner Theil), 1904.

HEIM, ALB., Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung, 1878.

HEIM, A., et DE MARGERIE, E., Les dislocations de l'écorce terrestre, 1888.

HEIM, ALB., Gneissfältelung in alpinem Centralmassiv, ein Beitrag zur Kenntniss der Stauungsmetamorphose. (*Vierteljahrschr. d. Naturf. Gesell.* Zurich, t. XLV, 1900.)

KICK, F., et POLAK, F., Sur la mécanique des corps mous. (*Revue univ. des mines, de la métallurgie, etc.*, 1878, 1879 et suiv.)

LACROIX, A., Sur les déformations subies par les cristaux de quartz des filons de Pitourles-en-Lordat (Ariège). (*Bull. Soc. min. de France*, t. XIV, 1891.)

LORETZ, H., Ueber Schieferung (*Jahresb. d. Senckenbergischen naturf. Ges.*, 1880.)

MILCH, L., Ueber homogene Deformation von Quarz und Piëzo Krystallisation. (*Centralblatt f. Min., Geol. und Paleont.*, 1904.)

RENARD, A., Sur la structure et la composition minéralogique du coticule. (*Mém. cour. Acad. roy. des Sciences de Belgique*, t. XLI, 1877.)

RENARD, A., Recherches sur la composition et la structure des phyllades ardennais. (*Bull. Musée Hist. nat. de Belgique*, t. I, II et III, 1882-1884.)

REYER, ED., Geologische und geographische Experimente, 1892.

RINNE, F., Beitrag zur Kenntniss der Umformung von Kalkspathskrystallen und von Marmor unter allseitigem Druck. Plastische Umformung von Steinsalz und Sylvin unter allseitigem Druck. (*Neues Jahrb. f. Min., etc.*, 1903 et 1904.)

ROTH, J., Allgemeine und chemische Geologie (première partie du t. III), 1890.

SPRING, W., Sur l'origine de la fissilité des phyllades et des schistes. (*Bull. Acad. roy. de Belgique* [3], t. XXXV, 1898.)

SPRING, W., La plasticité des corps solides et ses rapports avec la formation des roches. (*Bull. Acad. roy. de Belgique* [3], t. XXXVI, 1899.)

SPRING, W., Sur les conditions dans lesquelles certains corps prennent la texture schisteuse. (*Ann. Soc. géolog. de Belgique* (Liége), t. XXIX, 1902.)

Tous les travaux de ce savant sur la compression des corps solides sont d'importance capitale pour les questions traitées ici. On les trouvera surtout dans les *Bulletins* de l'Académie royale de Belgique.

STAPFF, F.-M., Zur Mechanik der Schichtenfaltungen. (*Neues Jahrb. f. Min., etc.*, 1879 et 1881.)

SUESS, E., La Face de la Terre, traduction Em. de Margerie, t. I, 1897.

TRESCA, H., Mémoires sur *l'écoulement des solides*, publiés dans les *Comptes rendus de l'Académie de Paris* et *Mémoires des Savants étrangers*, 1868 à 1873.

VAN HISE, CH., Principles of North American Pre-Cambrian Geology. (*Sixteenth Ann. Rep. U. S. Geol. Survey*. Part I, 1894-1895.)

WEINSCHENK, E., Grundzüge der Gesteinskunde, I, 1902; II, 1905.

WILLIS, BAILEY, The Mechanics of Appalachian Structure. (*Thirteenth Ann. Rep. U. S. Geol. Survey*, 1891-1892.)

EXPLORATION

DU

TERRAIN HOUILLER EN LORRAINE FRANÇAISE

PAR

C. CAVALLIER (1)
Administrateur-Directeur des Hauts Fourneaux et Fonderies de Pont-à-Mousson (Meurthe-et-Moselle).

PLANCHE XV

Que la question soit passionnante à bien des points de vue, que l'imagination des géologues soit féconde en théories, que les industriels de l'Est soient vivement intéressés au succès, tout cela est naturel.

Mais il faudrait un spectateur qui ne fût ni géologue ni industriel pour juger sainement de la valeur des résultats actuels : s'il est géologue, il sera porté à lire les faits à travers le prisme de sa théorie ; s'il est industriel, il prendra trop facilement ses désirs pour des réalités.

La « vraie réalité », c'est qu'il y a encore peu de chose, et que la nature n'a pas livré son secret.

Avant d'exposer l'état actuel des travaux, nous voudrions revenir en quelques mots sur les idées conductrices qui ont guidé les recherches.

Déjà en 1868, Jacquot, ingénieur en chef des Mines du département de la Moselle, avait publié les lignes suivantes : « Le terrain houiller de la Sarre est extrêmement épais, et il présente, sous ce rapport, une particularité remarquable : sa puissance augmente de l'Est à l'Ouest, au point de doubler. Elle atteint 3 130 mètres à l'Ouest, tandis qu'elle est réduite à 1 600 mètres du côté de l'Est. »

A la même époque, Jacquot traçait avec beaucoup de précision,

(1) Mémoire présenté à la séance du 20 juin 1905.

jusqu'à Saint-Avold, la grande faille de Sarrebrück, qui limite au Sud le bassin. (Voir pl. XV.)

De là à songer au prolongement français et à se mettre en garde contre le grand rejet de cette faille, il n'y avait qu'un pas.

Cependant les sondages lorrains procédaient lentement du connu à l'inconnu. En 1901, ils arrivaient à Hémilly et à Mainvillers, recoupant le Houiller productif entre 750 et 800 mètres de profondeur.

A Faulquemont, près de Mainvillers, un sondage rencontrait le Houiller à 751 mètres de profondeur et traversait 14^{m}35 de charbon en sept couches.

Deux ans après, on commençait à Éply le premier sondage français en Meurthe-et-Moselle.

Dans le courant de 1900, les industriels de l'Est avaient déjà étudié de près la question et consulté les savants les plus autorisés.

Nommons d'abord M. Nicklès, professeur à l'Université de Nancy, dont la théorie semble vérifiée jusqu'ici par les sondages.

Dans son étude, M. Nicklès (1) envisage le sommet des anticlinaux comme le lieu géométrique des emplacements les plus favorables. Ses études détaillées de la région le conduisent à la découverte du grand anticlinal Éply-Atton, qu'il prolonge jusqu'au bois de Greney près de Gezoncourt. Il indique Éply comme meilleur emplacement de sondage.

MM. Bertrand et Bergeron traitent la question d'une façon un peu différente. Ils supposent la ligne anticlinale constituée non par une ligne continue, mais par une série de « dômes alignés en chapelets » (fig. 1). Le dôme le plus voisin de la frontière serait celui de Bazoncourt, et un sondage en France, placé entre Lesménils et Chéminot, aurait les meilleures chances d'atteindre le Houiller à une profondeur accessible.

D'autre part, M. François Villain, ingénieur au Corps des mines, à Nancy, dans deux remarquables conférences données en 1903, faisait une étude générale, des plus documentées, sur la constitution des bassins houillers en général et démontrait que le bassin de Sarrebrück présentait les caractères des grands bassins. Il insistait sur l'accident qui rejetait au Midi, à grande profondeur, le terrain houiller de Sarrebrück et le considérait comme le prolongement de l'anticlinal-guide de M. Nicklès, parvenu au paroxysme du plissement.

---

(1) Étude faite sur la demande de la Société des Hauts Fourneaux et Fonderies de Pont-à-Mousson en décembre 1900, janvier 1901 et mois suivants. — Publiée en 1902 : *De l'existence possible de la houille en Meurthe-et-Moselle et des points où il faut la chercher*, par M. René Nicklès. Nancy, Jacques, 1902.

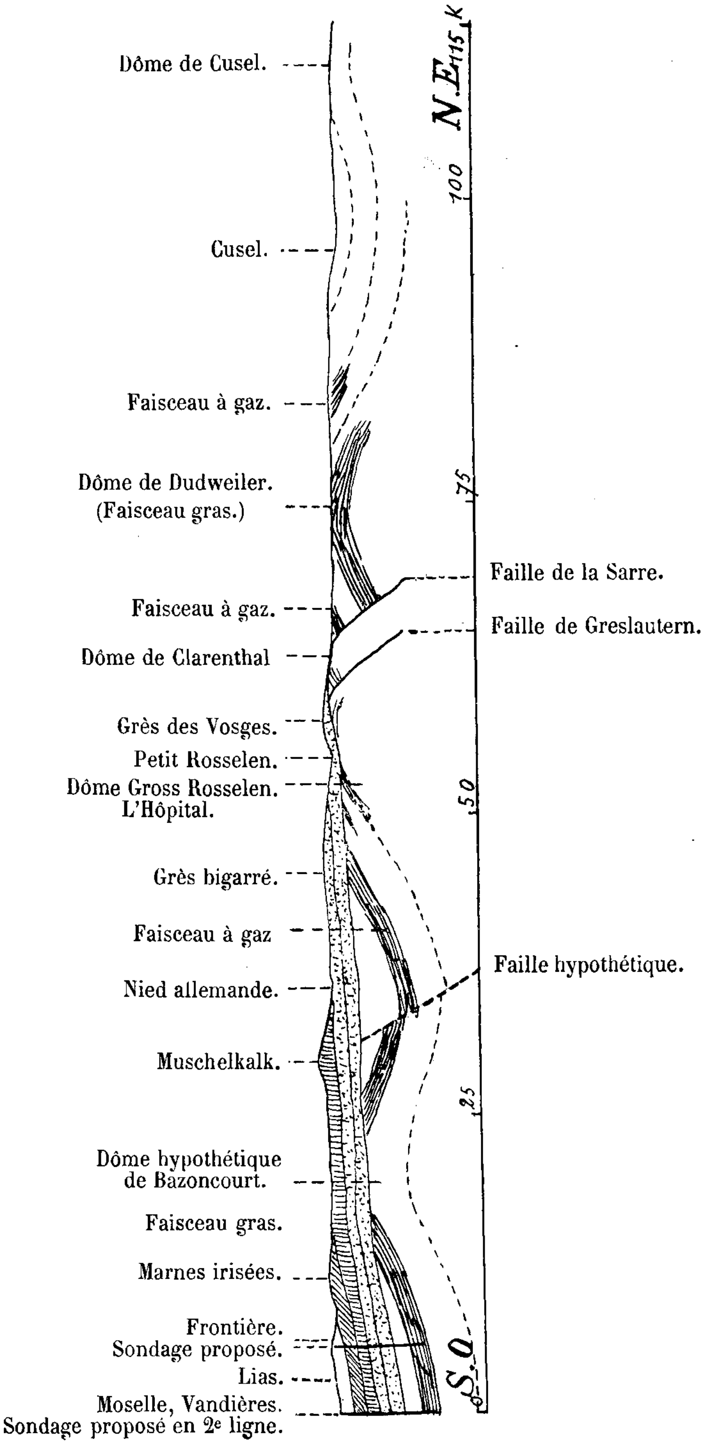


Fig. 1. — Coupe (hypothétique au Sud-Ouest) suivant l'arête anticlinale de Sarrebruck.

Comme nous l'avons dit, le premier sondage de recherches de houille en Meurthe-et-Moselle fut établi au point précis que M. Nicklès avait indiqué près du village d'Éply, au bord de la Seille. Où fallait-il placer d'autres sondages?

Pendant la traversée des morts-terrains par le sondage d'Éply, un second sondage fut entrepris, fin décembre 1903, près du village de Lesménils. C'était précisément la région où MM. Bertrand et Bergeron avaient indiqué un emplacement favorable sur la retombée du dôme hypothétique de Bazoncourt.

Survint alors la rencontre du terrain houiller à Éply, à la profondeur de 684 mètres, c'est-à-dire à une profondeur qu'osaient à peine espérer les plus optimistes. Quelques mois plus tard, le terrain houiller était recoupé au sondage de Lesménils à 796 mètres de profondeur; il était donc, là encore, parfaitement accessible.

Restait à savoir si ce terrain était productif et quelle était son étendue en Lorraine française.

Cependant la fièvre des sondages commença à sévir au moment le plus inopportun.

Éply était en accident au toit du Houiller et Lesménils s'enfonçait toujours dans le stérile. Mais on voulait savoir, et puisque le problème était posé, il fallait aller jusqu'au bout.

L'industrie de l'Est était d'ailleurs trop intéressée au succès final pour laisser échapper un facteur si heureux de son développement, même au prix d'importants sacrifices.

Sous l'impulsion donnée aux Sociétés de Charbonnages Réunies (1) par leur président, M. de Lespinats, et par leur directeur technique, M. Villain, il fut entrepris deux nouveaux sondages, celui d'Atton et celui d'Abaucourt. Atton était très voisin de l'anticlinal et Abaucourt était sur un dôme secondaire que M. Nicklès avait indiqué.

De son côté, la Société des Hauts Fourneaux et Fonderies de Pont-à-Mousson exécutait un sondage sur le territoire de la commune de Pont-à-Mousson, dans son usine même. Les industriels de l'Est créaient plusieurs sociétés de recherches; des capitalistes, des sociétés étrangères à la région prenaient également position.

Devant les nombreuses inconnues du problème, il fallait s'imposer une méthode à suivre : le fil conducteur fut le grand anticlinal de M. Nicklès.

(1) Le sondage d'Éply et celui de Lesménils appartiennent aux Sociétés de Charbonnages Réunies.

Éply et Atton étaient les deux premiers jalons : un troisième fut planté à Jezainville et un quatrième à Greney.

Le pendage sur le flanc Nord de l'anticlinal était déjà donné par Lesménils et Pont-à-Mousson; Vilcey, plus au Nord, et Martincourt, plus à l'Ouest, allaient constituer de nouveaux éclaireurs.

L'exploration de la région au Sud de l'anticlinal présentait une importance capitale, puisqu'elle devait démontrer si, oui ou non, la grande faille de Sarrebrück se prolonge jusqu'en Meurthe-et-Moselle, dans quelle direction et avec quel rejet.

Si la faille se prolongeait en Lorraine française avec sa direction initiale et son énorme rejet, les recherches au Sud de ce prolongement étaient d'avance « frappées de stérilité ».

Il en serait autrement, on le conçoit, si le rejet de la faille disparaissait, ou encore si la faille se prolongeait en s'infléchissant assez fortement au Midi : on pourrait alors espérer en Meurthe-et-Moselle un bassin accessible et d'une certaine importance.

Cinq sondages donneront la solution de ce problème : ce sont les sondages d'Abaucourt, de Laborde et de Brin, d'une part, du Four à Chaux de Nomeny et de Belleau, d'autre part.

Comme on va le voir, les résultats ont montré que le Houiller était accessible; mais seulement cela. On ne peut dire encore que ce Houiller soit productif dans des conditions vraiment abordables au point de vue industriel.

Le sondage d'Éply a rencontré le terrain houiller à 684 mètres de profondeur.

Comparons ce résultat avec celui d'Hémilly :

	Cote du toit du Houiller.
Hémilly	-490
Éply	-505

et nous arrivons à cette conclusion imprévue : le toit du Houiller est sensiblement à la même cote, malgré les 30 kilomètres qui séparent ces deux sondages.

Mais si nous rapprochons les autres cotes actuellement connues :

	Profondeur du toit du Houiller.	Cote de ce toit.
Éply	684	-505
Atton	766	-586
Pont-à-Mousson	805	-624
Lesménils	796	-601

COUPE THÉORIQUE DES MORTS-TERRAINS

pour atteindre le Houiller d'après les sondages de Lorraine

DRESSÉE, EN JUIN 1900, PAR M. COLIN,

Directeur des Mines du Bassin de Nancy de la Société de Pont-à-Mousson.

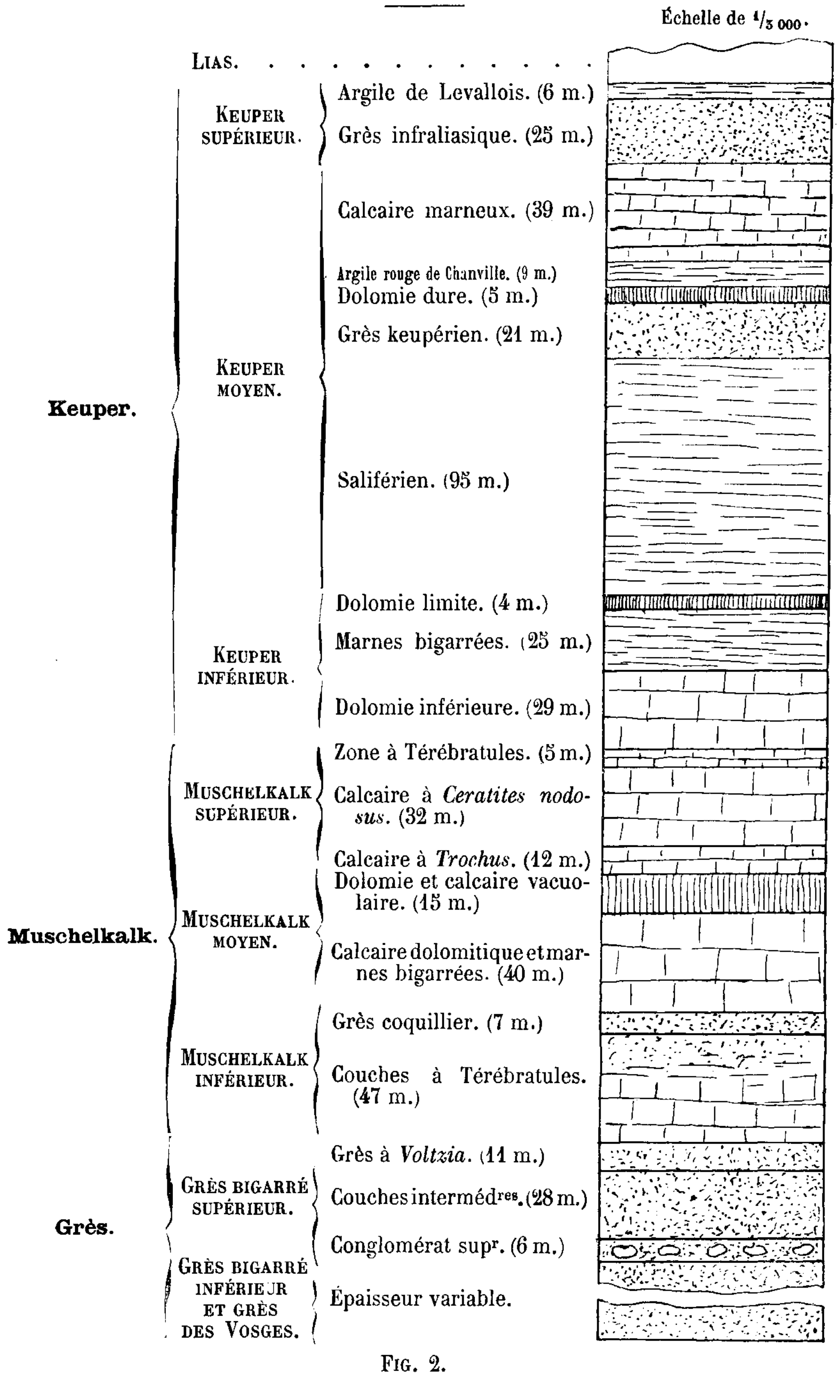


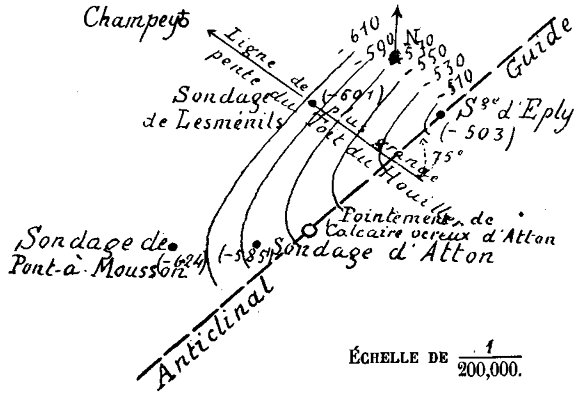
Fig. 2.

Nous voyons que le toit du Houiller a un pendage de 11 millimètres suivant l'anticlinal, entre Éply et Atton, et qu'il plonge assez fortement au Nord-Ouest.

La ligne moyenne de plus grande pente sur le flanc Nord de l'anticlinal, et dans la région de Lesménils, aurait une direction : Lesménils-Champey, faisant avec la ligne Éply-Atton un angle de 75° environ.

La figure 3, ci-dessous, montre l'allure des courbes de niveau du toit du Houiller, d'après les résultats connus à ce jour. Celles-ci accusent nettement la crête de l'anticlinal.

COURBES DU NIVEAU DU TOIT DU HOUILLER.
D'après les renseignements connus au 16 mai 1905.



ÉCHELLE DE $\frac{1}{200,000}$.

Fig. 3.

Un de nos collaborateurs, M. Colin, directeur de nos mines du bassin de Nancy, par qui nous avons fait suivre, dès 1900, les recherches en Lorraine allemande, a dressé une coupe des divers niveaux rencontrés dans les sondages de cette région.

Cette coupe, que nous reproduisons ci-contre, a été très utile pour suivre la marche des sondages.

On a pu constater ainsi un minimum de morts-terrains dans les sondages situés sur l'anticlinal, et un épaississement progressif sur les flancs Nord et Sud, à Lesménils et à Laborde.

Enfin, il est utile à ce sujet de mettre en regard les coupes des deux sondages de Lorraine annexée, Faulquemont et Mainvillers, et la coupe de Pont-à-Mousson.

ÉPAISSEUR TOTALE DES MORTS-TERRAINS A TRAVERSER ENTRE LE TOIT DES GRÈS BIGARRÉS ET LE TOIT DU HOUILLER.

Faulquemont III	676m45
Mainvillers.	558m40
Pont-à-Mousson	312 mètres.

C'est par suite de l'amincissement considérable indiqué par ce tableau que le terrain houiller se trouve, en Meurthe-et-Moselle, à une profondeur inespérée.

Avant d'aborder le Houiller, nous dirons un mot des argiles schisteuses rouges qui reposent directement sur lui. Ces argiles ont un pouvoir colorant très intense et la coloration de l'eau est rouge lie de vin aux sondages d'Éply, de Lesménils, de Pont-à-Mousson et d'Atton; rouge foncé, ou violet, au sondage de Laborde.

Certains pensent que les argiles de Laborde ne constituent pas le même horizon qu'aux autres sondages.

Voici l'opinion de M. Nicklès à ce sujet :

« La surface arasée du Houiller présente une particularité remarquable : sous l'influence sans doute de l'eau fortement minéralisée qui les recouvre, les couches noires ou gris foncé du Westphalien sont devenues roses ou violettes.

» Or, à Éply, les empreintes végétales talqueuses de ces schistes violets n'appartiennent, d'après les déterminations de M. Zeiller, qu'à des formes westphaliennes, et non au Permien, comme on aurait pu le croire. »

Ainsi le terrain houiller est accessible en Meurthe-et-Moselle. Dans quelle mesure est-il productif?

On va voir que les sondages actuels ne permettent pas encore de répondre bien affirmativement.

Le sondage d'Éply a rencontré, en juillet 1904, une couche de charbon à la profondeur de 691^{m}50. Les appréciations faites sur l'épaisseur de cette couche varient entre 0^{m}30 et 0^{m}70. Puis ce sondage fut longtemps arrêté par un accident, dont il vient à peine de sortir.

Lesménils a été arrêté définitivement à 1 507 mètres, après avoir traversé 711 mètres de houille stérile.

La première couche de houille exploitable, constatée officiellement le 19 mars 1905, a été rencontrée au sondage de Pont-à-Mousson. Elle est à la profondeur de 819 mètres, soit 14 mètres sous le toit du Houiller. Sa puissance reconnue est de 0^{m}70, normalement aux strates, qui sont inclinées de 30° environ sur l'horizontale.

Le charbon recueilli, en grains, a donné à l'analyse :

Matières volatiles	37.80 °/o
Cendres	4.80 °/o

Ce sondage est actuellement à 1 040 mètres, et n'a rencontré depuis que de nombreuses veinettes de 10 à 25 centimètres d'épaisseur.

Enfin, le 5 mai 1905, au sondage d'Atton, on recoupait une couche de $0^{m}56$, à 793 mètres de profondeur.

Dans quelles zones se trouvent ces différentes couches?

Nous donnons ici la coupe schématique du bassin de Sarrebrück.

Coupe du Houiller de Sarrebrück par le Couchant.

NATURE DES COUCHES.	ÉPAISSEUR.	NOMBRE de couches exploitables.	CHARBON exploitable.
Couches sèches à longue flamme . .	180	2	$3^{m}80$
Zone stérile I avec Conglomérat de Halz à la base	300	»	»
Couches à gaz supérieures	400	10	$8^{m}75$
Zone stérile II avec Thonstein 1 à la base.	430	»	»
Couches à gaz inférieures avec Thonstein 2 à la base.	280	18	$14^{m}20$
Zone stérile III.	520	4	»
Dudweiler, ou couches grasses à coke . (Des niveaux de Thonstein 3 et 4 se trouvent dans cet étage à 200 et 500 mètres de profondeur.)	Exploité sur 920	41	$40^{m}00$

On sait que les « Thonstein » indiqués sur cette coupe constituent, à Sarrebrück, des horizons assez utiles.

M. Nicklès a reconnu au sondage de Pont-à-Mousson un de ces Thonstein à la profondeur de 832 mètres. Mais rien ne prouve que nous puissions assimiler les Thonstein de Sarrebrück à ceux de Meurthe-et-Moselle.

Toutefois, on peut supposer que le Houiller de Lesménils serait tout entier dans la zone stérile III de la coupe. Le toit du Houiller au sondage de Pont-à-Mousson serait, soit à la base du faisceau inférieur flambant, soit dans la zone III; on devrait donc bientôt aboutir au faisceau des couches grasses de Dudweiler ou dans le Dudweiler, devenu stérile.

Les sondages d'Éply et d'Atton seraient encore plus près du Dudweiler, puisque, suivant les idées développées par M. Nicklès au sujet

de l'arasement, c'est sur l'arête de l'anticlinal qu'affleurent les couches primaires les plus anciennes.

Enfin, disons quelques mots des observations suggérées à M. Zeiller, inspecteur général des mines, par les résultats obtenus à ce jour :

M. Zeiller, dont la science paléontologique est universellement appréciée, a étudié les schistes à empreintes, recueillis à Éply, à Lesménils et à Pont-à-Mousson.

Cet éminent savant y a trouvé un ensemble d'espèces indiquant nettement une flore westphalienne, c'est-à-dire l'étage de Sarrebrück, mais sans qu'il puisse dire s'il s'agit de la zone à couches flambantes ou de la zone à couches grasses de Dudweiller.

D'après les récentes empreintes du sondage de Pont-à-Mousson, M. Zeiller ajoute :

« Ce qu'on peut affirmer, c'est qu'on est plus bas que le faisceau supérieur des charbons flambants, en raison de l'absence de différentes espèces stéphaniennes, qui s'y montrent déjà avec une certaine abondance.

» Et comme, d'après les indications de M. Leppla, le faisceau supérieur des charbons flambants ne varie qu'entre 125 et 280 mètres d'épaisseur, on peut conclure qu'on est à coup sûr plus bas que ce faisceau. »

CONCLUSIONS.

En résumé, les travaux d'exploration exécutés jusqu'ici permettent de formuler deux conclusions :

La première, c'est qu'on trouve, en certains points de Meurthe-et-Moselle, le terrain houiller à une profondeur inférieure aux prévisions, et cela par suite de l'amincissement du grès bigarré et du grès des Vosges, en allant de l'Est vers l'Ouest.

La deuxième conclusion, c'est que le terrain houiller n'est pas stérile, puisqu'on a recoupé, à Éply, à Pont-à-Mousson, à Atton et à Laborde des couches de houille, dont une, d'épaisseur exploitable, a été constatée officiellement au sondage de Pont-à-Mousson, mais que la partie explorée jusqu'ici est très peu productive.

Faut-il considérer les recherches en Meurthe-et-Moselle comme un insuccès, les abandonner et en déconseiller de nouvelles?

Nous ne le croyons pas, parce qu'il n'y a rien qui puisse nous surprendre dans le résultat connu à ce jour des sondages en cours d'exécution.

Il ne faut pas perdre un instant de vue combien des recherches de ce genre sont aléatoires, surtout en notre région de Meurthe-et-Moselle.

Le terrain houiller de Sarrebrück, considéré comme productif dans son ensemble, a 3000 mètres d'épaisseur à Sarrebrück. Sur ces 3000 mètres, il n'y a en somme que la zone de Dudweiller qui soit réellement dense en charbon.

On a vu, sur la coupe que nous avons donnée, qu'il existe des zones stériles très épaisses. De plus, le terrain houiller de Sarrebrück peut être surmonté par le Houiller d'Ottweiller, qui a une puissance de 3 600 mètres dans le Palatinat et de 2000 mètres en Lorraine, d'après M. Weiss, ingénieur des mines.

Dans ces couches d'Ottweiller, les veines de houille reconnues ont une faible puissance et sont séparées par des stampes stériles d'une telle importance qu'on peut les considérer comme des terrains pratiquement stériles.

Le résultat acquis, c'est qu'on a trouvé le Houiller en quelques points et à une profondeur abordable.

On a pu croire, en recoupant quelques couches de houille, qu'on avait eu la bonne fortune de rencontrer une zone productive. Il faut bien avouer que c'eût été une chance exceptionnelle.

Les chances favorables sont que le terrain houiller de Sarrebrück, étant donné son épaisseur considérable et son étendue, peut se prolonger très loin en France.

D'autre part :

Si le terrain houiller s'enfonce de plus en plus sous les morts-terrains en allant vers l'Ouest, il peut se faire que ces morts-terrains diminuent d'épaisseur, ou même viennent à disparaître; le fait de l'amincissement est démontré pour le grès des Vosges; il en est peut-être ainsi pour le Lias, le Bajocien, tout le Jurassique.

Par conséquent, l'accumulation sur le Houiller d'un grand nombre d'assises géologiques n'entraîne pas, à priori, un épaississement proportionnel des morts-terrains.

En second lieu, il y a très probablement d'autres anticlinaux que celui d'Éply-Atton.

Ne pas oublier qu'on a trouvé le terrain houiller, entre Boulay et Bouzonville, à une profondeur moindre qu'entre cette région et celle de Saint-Avold-Faulquemont, ce qui indique un relèvement vers le Nord.

Le prolongement de cet anticlinal supposé pourrait correspondre à l'anticlinal de Chambley.

Plus le terrain houiller est considérable en épaisseur et en étendue, plus il y a de chances que le charbon y soit dilué, mais d'une façon qui n'est certainement pas régulière, et à côté de telle région, peu productive, peut exister une région avantageusement exploitable.

Il faut dire aussi qu'une partie du terrain houiller a été enlevée par érosion, et que le résultat des sondages dépend essentiellement du plus ou moins d'érosion subi par le Houiller à l'emplacement du sondage.

Enfin, les recherches faites jusqu'ici l'ont été suivant une ligne d'anticlinal, parce qu'on cherchait surtout à avoir le minimum de morts-terrains, mais ce ne doit pas être aux anticlinaux qu'il faut chercher le maximum de charbon.

L'intérêt considérable qu'il y a pour notre pays à avoir un nouveau bassin houiller est tel qu'on doit, à notre avis, non seulement continuer les sondages en cours, mais en faire d'autres, quels que soient les résultats des premiers.

On devrait d'abord en établir quelques-uns assez loin vers le Nord et vers l'Ouest, assez espacés entre eux, comme des sentinelles avancées, et des centres de recherches.

Puis, selon les résultats, rayonner autour d'eux, pour serrer l'étude de plus près.

Partout où l'on pourra trouver le terrain houiller à 1 000 ou 1 100 mètres de profondeur, et traverser par conséquent 400 ou 500 mètres de terrain houiller, pour une profondeur de sondage de 1 500 mètres, on peut le faire.

Nous avons toujours estimé, et nous croyons plus que jamais que les recherches de houille sont tellement aléatoires, que seuls peuvent en entreprendre les industriels prélevant, sur leurs réserves et leurs bénéfices, les sommes nécessaires à des travaux de ce genre, sommes sacrifiées d'avance en vue d'un résultat très problématique.

Les recherches de houille ne sont ni un placement de père de famille, ni un placement de spéculation.

Pont-à-Mousson, juin 1905.

C. Cavallier.

ADDENDA

De juin à novembre, plusieurs faits nouveaux ont éclairé le problème et résolu deux questions : la nature du terrain houiller dans la région de Pont-à-Mousson et dans celle de Nomeny.

Dans les lignes qui précèdent, nous disions : « ... les argiles rouges de Laborde (région de Nomeny) ne doivent pas constituer le même horizon qu'aux autres sondages... », et plus loin : « ... les sondages d'Eply et d'Atton (région de Pont-à-Mousson) seraient encore plus près du Dudweiller (couches grasses à coke)... »

Les récentes découvertes viennent de donner raison à ces deux hypothèses :

Le sondage d'Abaucourt est entré dans le Houiller à 870^{m}60 de profondeur, après avoir traversé 40 mètres d'argiles rouges semblables à celles de Laborde. Mais ces argiles et ce Houiller, dans les deux sondages, appartiennent au Stéphanien. Voici, en effet, le diagnostic de M. Zeiller, d'après les empreintes végétales :

« ... J'ai examiné les empreintes recueillies à 895 mètres, qui se *composent exclusivement de plantes stéphaniennes;* on pourrait hésiter entre l'étage d'Ottweiller et les Flammkolen, mais il ne me paraît guère douteux que la seconde hypothèse soit la vraie, car on n'aurait sans doute pas trouvé pareille couche de houille dans l'étage d'Ottweiller, qui est à peu près stérile. » (2 juillet 1905.)

Enfin, découverte très importante :

Le 26 juin 1905, on traversait à Abaucourt une couche de houille épaisse de 2^{m}65, à 896^{m}25 de profondeur. L'analyse du charbon en grains a donné :

Matières volatiles	39.50 °/₀
Cendres.	3.57 °/₀

A Laborde, on n'a encore traversé qu'une couche de 30 centimètres à 993 mètres de profondeur.

Ainsi, dans cette région, le Houiller existe encore à une profondeur accessible; il est stéphanien et productif.

Dans la région de Pont-à-Mousson, il est aujourd'hui nettement établi que les sondages de Pont-à-Mousson et Atton sont dans le Dudweiller (Westphalien inférieur).

Les empreintes végétales ont, en effet, permis à M. Zeiller de dire : « ... l'une de ces empreintes, *Sphenophyllum myxiophyllum,* déjà observée au sondage d'Atton, a une certaine importance en ce que, d'après la liste de MM. Potonié et Leppla, elle caractériserait, dans le bassin de Sarrebrück, l'étage des *Mittlere Saarbrücken Schichten* ou des *Fettkohlen* » (Dudweiller) (7 novembre 1905).

Un banc de Thonstein gris clair de 30 centimètres de puissance, rencontré à Pont-à-Mousson à 1,377^{m}85, vient de confirmer cette théorie : il offre la même composition chimique que le Thonstein X signalé par M. Leppla, dans le Dudweiller supérieur (?).

Ces deux sondages ont d'ailleurs recoupé plusieurs couches de houille depuis le 16 juin.

A Pont-à-Mousson, l'administration a reconnu officiellement, outre la première couche de 70 centimètres, à 819 mètres, déjà signalée ·

Une couche	de 0^{m}60 à 1 140 mètres de profondeur.	
—	de 0^{m}40 à 1 143^{m}85 de profondeur.	
—	de 1^{m}20 à 1 282^{m}40	—
—	de 0^{m}60 à 1 286^{m}60	—

Au sondage d'Atton, près la couche de 56 centimètres, mentionnée plus haut, à 793^{m}20 de profondeur, les couches suivantes ont été constatées officiellement :

Une couche	de 0^{m}30 à 970 mètres.
—	de 0^{m}55 à 1 001^{m}42
—	de 0^{m}75 à 1 278^{m}83
—	de 0^{m}65 à 1 287^{m}10
—	de 0^{m}45 à 1 338^{m}66
—	de 0^{m}65 à 1 353^{m}53

En résumé, il y a actuellement, en Meurthe-et-Moselle, deux bandes explorées et distinctes :

Le Westphalien dans la bande Eply-Pont-à-Mousson ; le Stéphanien dans la bande Abaucourt-Laborde ; toutes deux accessibles et productives.

Entre les deux, il y a un accident dont on ignore la nature et la position. Mais les nouveaux sondages de Raucourt, Dombasle, Bezaumont et Pont-de-Mons, alignés entre ces deux bandes, aideront à le préciser.

Ceux de Jezainville, Greney, Martincourt, n'en demeurent pas moins très intéressants.

Celui de Jezainville a le Houiller à 792 mètres (cote — 604).
Celui de Martincourt a le Houiller à 977 mètres (cote — 758).

Ni l'un ni l'autre n'a traversé de couche de charbon. Ils sont actuellement dans des conglomérats grossiers, extrêmement durs : Jezainville à 926 mètres de profondeur et Martincourt à 1 037 mètres.

Enfin, un nouveau sondage a été placé à Mont-sur-Meurthe près de Lunéville, dans le voisinage d'un ancien forage (Ménil Flin, 7 octobre 1886) qui, arrêté dans les grès triasiques, n'avait donné aucun résultat. Il existe dans cette région une « boutonnière de Muschelkalk » émergeant au milieu des terrains plus récents (Keuper). M. Nicklès, dans sa brochure de 1902 que nous avons mentionnée, a signalé les avantages de ce « bombement » pour les recherches de houille.

LA
TUFFOÏDE KÉRATOPHYRIQUE DE GRAND-MANIL

PAR

É. MATHIEU (1)
Capitaine du Génie,
Répétiteur à l'École militaire.

PLANCHE XVI

I. — Gisement.

En 1902, M. Malaise signalait, dans les schistes siluriens des environs de Grand-Manil (Sud-Ouest de Gembloux), une porphyroïde nouvelle (2). Cette porphyroïde était intercalée dans les schistes, entre le gîte

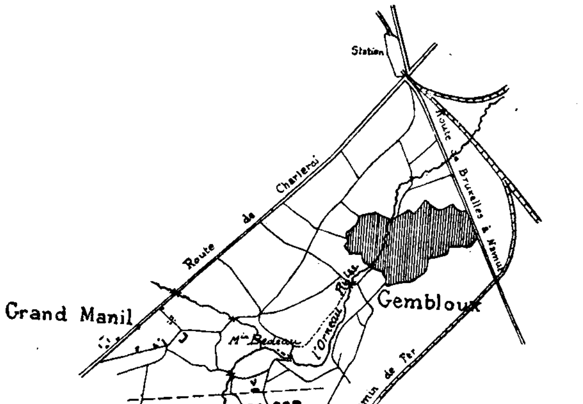


Fig. 1. — GISEMENT DE LA TUFFOÏDE DE GRAND-MANIL.

ρ = rhyolite ancienne;
γ = tuffoïde kératophyrique.

---

(1) Présenté à la séance du 17 octobre 1905.
(2) ANN. DE LA SOC. GÉOL. DE BELGIQUE, 1901-1902, t. XXIX. *Bulletins*, pp. 145-148.

fossilifère à *Calymene, Trinucleus* (assise de Gembloux) et les rhyolites anciennes dites eurites quartzeuses de Grand-Manil (assise de Grand-Manil).

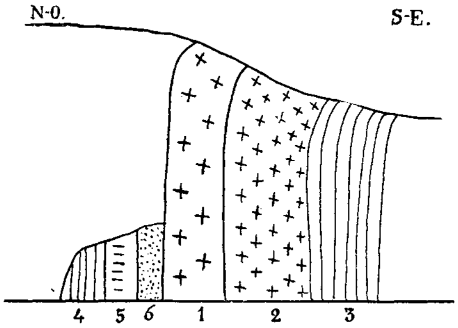


Fig. 2.

1. Porphyroïde en bancs, se montrant beaucoup plus massive et plus fraîche du côté Nord-Ouest et passant insensiblement au terme suivant (1). Épaisseur : environ 0m50
2. Porphyroïde beaucoup plus schisteuse, plus tendre, très altérée et bondée de fossiles (spécialement de petits fossiles) (2). Épaisseur : environ. 1,25
3. Schiste silurien foncé, bleuâtre, très feuilleté.
4. Schiste silurien plus grossier, gris verdâtre, beaucoup moins feuilleté.
5. Schiste silurien très siliceux, grisâtre. Environ 0,20
6. Roche siliceuse grise à grain extrêmement fin, extrêmement tenace. Épaisseur : environ 0,15

N. B. *A l'affleurement, toutes ces roches sont repliées par suite du phénomène bien connu du reploiement de la tête des bancs, suivant la pente.*

---

(1) Dans sa description (*loc. cit.*), M. Malaise distinguait dans la couche nº 1 trois bancs.

(2) Voici, d'après la communication de M. Malaise (*loc. cit.*), les fossiles qu'il a déterminés dans la couche nº 2 :

Crustacés.

Lichas sp.
Acidaspis sp.
Cromus sp.
Zethus sp.
Amphion sp.
Sphaerexochus mirus Beyr.
Cheirurus insignis Beyr.
Cheirurus sp. (têtes et hypostomes).
Phacops Stockesii (Milne Edw.).
Illaenus parvulus Holm.
Illaenus sp.
Trinucleus sp.
Turrilepas sp.

Céphalopodes.

Orthoceras sp.

Ptéropodes.

Tentaculites sp.

Gastéropodes.

Euomphalus trochostylus.
Diverses espèces imparfaites.

Brachiopodes.

Orthis lata Sow.
Divers fragments en mauvais état.

Bryozoaires.

Ptilodictya scalpellum Lonsd.

Cystidés.

Plaques de *Sphaeronites sp.*

Crinoïdes.

Tiges d'encrines.

Lors de l'excursion organisée le 26 juin 1904 dans la vallée de l'Orneau, sous la direction de M. Malaise, j'eus l'occasion de recueillir un échantillon de cette roche, qui était peu visible à cette époque, et je me proposai de la soumettre à un examen microscopique, pour en déterminer, si possible, le caractère et l'origine.

A la suite d'une communication très sommaire que je fis à ce sujet à la Société belge de Géologie, en séance du 19 juillet 1904, M. Stainier présenta une note (1) dans laquelle il décrivit d'une manière détaillée le gisement de la porphyroïde de Grand-Manil, tel qu'il l'observa lors de sa découverte. J'ai reproduit ci-dessus (fig. 2) la coupe qui accompagnait cette note.

M. Stainier ajoute que la roche n° 6 est « une sorte de cornéenne ou de roche métamorphique, au Nord-Ouest, et par conséquent géologiquement en dessous de la porphyroïde. On voyait de la façon la plus nette, dans le gîte, la roche silurienne du n° 4 passer insensiblement à une roche de plus en plus massive, plus dure et plus siliceuse en s'approchant de la porphyroïde... Au-dessus de la porphyroïde, vers le Sud-Est, arrivait un schiste nullement métamorphique. »

MM. Stainier et Malaise ont eu l'extrême obligeance, ce dont je leur suis reconnaissant, de me passer des échantillons qu'ils possédaient, ce qui m'a permis d'y faire couper des plaques minces. Mais je m'aperçus bientôt de l'insuffisance de ces matériaux pour résoudre le problème qui se posait, et je me décidai à visiter de nouveau, ce que je fis en compagnie de MM. Malaise et Simoens, le gisement de Grand-Manil. Au cours de cette étude sur le terrain, je fis exécuter une tranchée en travers, et je pus relever des particularités qui avaient échappé aux premiers observateurs. J'ai pu ensuite dresser la coupe suivante :

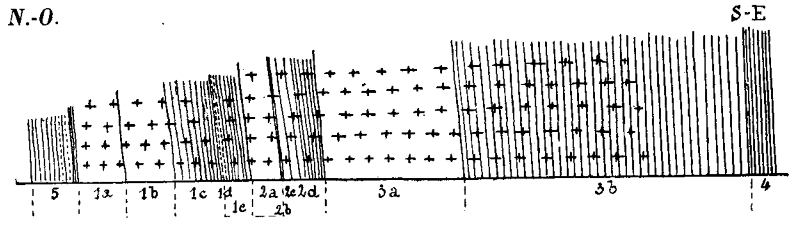


FIG. 3.

(1) BULL. DE LA SOC. BELGE DE GÉOL., DE PALÉONTOL. ET D'HYDROL., 1904, t. XVIII, *Procès-verbaux,* p. 171 : « Du caractère éruptif de la porphyroïde de Grand-Manil. »

FIG. 3.

1a - *1b*	Roche porphyroïde en bancs, d'aspect stratoïde, à pâte verdâtre séricitcuse, contenant des grains de quartz hyalin paraissant roulés pour la plupart, et des grains de feldspath, tantôt partiellement altérés, tantôt complètement disparus, et laissant alors des alvéoles remplis d'un dépôt ocreux pulvérulent	$0^{m}20$
1c	Banc de porphyroïde à ciment argileux, passant au gris; un moule de *gastéropode* a été relevé dans ce banc.	0,10
1d	Bande de roche à cassure lustrée et très séricitcuse	0,01
1e	Schiste celluleux grossier, gris jaunâtre, très fossilifère. . .	0,04
2a - *2b* - *2c*.	Roche porphyroïde blanchâtre, à grains de quartz plus rares et à alvéoles nombreuses; ce banc montre en *2b* une linéole schisteuse grisâtre continue de 1 à 2 millimètres d'épaisseur et parallèle aux bancs	0,07
2d	Banc très cohérent, comprenant des parties schisteuses gris bleuâtre et des parties feldspathiques; roche fossilifère, contenant de nombreuses alvéoles anguleuses à dépôt pulvérulent ocreux.	0,10
3a	Roche porphyroïde analogue à *2a*, gris blanchâtre, à nombreuses alvéoles ocreuses	0,25
3b	Banc schisteux fossilifère cohérent, analogue à *2d*, mais moins consistant et passant insensiblement à un schiste celluleux, jaunâtre, terreux, donnant avec l'eau une argile collante. .	0,65
4.	Schiste silurien foncé, bleuâtre, très feuilleté (assise de Grand-Manil).	
5.	Schiste siliceux tenace (quartzophyllade), gris, se chargeant, près du contact avec *1a*, de grains de quartz et d'alvéoles semblables à celles de la roche *1a* et donnant au contact une plaquette de 2 centimètres d'épaisseur se séparant nettement de 5 et de *1a* (assise de Gembloux).	

II. — Examen microscopique (1).

J'étudierai d'abord les schistes encaissants du gisement pour aborder ensuite ce gisement proprement dit.

Schistes (quartzophyllades) du Nord-Ouest. Le microscope fait reconnaître, dans les préparations, un schiste très siliceux, à grains de quartz roulés nombreux et atteignant au maximum $0^{mm}06$ de diamètre. Le ciment argileux est, comme dans les schistes siluriens du

(1) J'exprime toute ma reconnaissance à M. W. Prinz, professeur à l'Université de Bruxelles, qui m'a aidé de ses précieux conseils au cours de ce travail.

Brabant, criblé d'aiguilles microscopiques de rutile; on y observe également des sections de chlorite, de mica blanc (muscovite), des cristaux de zircon en prismes bipyramidés de faibles dimensions, des fragments de cristaux de tourmaline, ainsi que des écailles peu abondantes de séricite. Comme éléments accessoires, on y rencontre des grains petits et peu nombreux d'ilménite et, enfin, de petits flocons assez nombreux et presque opaques qu'un fort grossissement et l'étude en lumière réfléchie font rapporter à de la titanite (leucoxène), provenant sans doute de l'altération de l'ilménite.

La structure reste constante en s'éloignant du contact avec *1a*, ainsi que j'ai pu m'en convaincre en étudiant le même schiste plus au Nord du gisement. Cependant, j'ai relevé près du contact une particularité digne d'attirer l'attention : ce sont des nids microscopiques et lenticulaires de quartz en agrégat, que je pense de formation secondaire, contenant quelques inclusions micacées pléochroïques et bordés d'un minéral brun verdâtre. Aux forts grossissements, on observe dans les grains de quartz des inclusions bacilliformes de rutile, et la traînée brune périphérique se résout en une substance chloriteuse à fibres disposées en rosettes et ponctuée de grains microscopiques arrondis, presque opaques, qui pourraient bien être de la titanite (pl. XVI, fig. 1).

Dans une bande de 0^m05 à 0^m06 comptée à partir du contact avec *1a*, on remarque dans le schiste 5 (pl. XVI, fig. 2) de nombreux éclats de quartz hyalin de 1 à 2 millimètres, à contours irréguliers et anguleux, mais contenant des inclusions arrondies (séricite), comme cela se présente dans les quartz porphyriques; en outre, quelques fragments de plagioclase, des amas sériciteux qui pourraient être des pseudomorphoses de feldspath et des sections assez grandes de mica brun altéré. Le ciment argileux de la roche se charge d'ailleurs de séricite; et ce minéral, prédominant près du contact, donne à la roche une texture feuilletée.

Dans une préparation, j'ai pu observer la ligne de démarcation entre le schiste et la roche *1a*; cette séparation est irrégulière et, en général, peu précise.

Schistes du Sud-Est. Ce schiste (n° 4 de la coupe) diffère du schiste précédent. Il est beaucoup moins sableux et beaucoup plus fin; les grains de quartz ont des dimensions variant entre $0^{mm}01$ et $0^{mm}03$. La matière argileuse domine et est abondamment chargée d'aiguilles de rutile et de flocons de leucoxène; comme dans les schistes du Nord, on y trouve des paillettes de chlorite et de muscovite, des traînées peu nombreuses de séricite et des grains accessoires de zircon. J'y ai

observé également de petits nids quartzeux à bordure chloriteuse, moins développés que dans les schistes n° 5.

Roche n° 1. — En lumière ordinaire, on distingue, dans les préparations appartenant aux bancs *1a* et *1b*, des sections nombreuses incolores, les unes limpides, les autres souillées, nageant dans une pâte jaune verdâtre, écailleuse, émaillée de sections brun foncé. Les sections incolores formant phénocristaux comprennent du quartz et du feldspath.

Le *quartz*, très abondant, mais réparti d'une manière peu uniforme entre les diverses couches, se présente en éclats de 0mm6 à 2mm5, à contours très irréguliers, composés de côtés généralement courbes-concaves et présentant des angles très vifs (fig. 4).

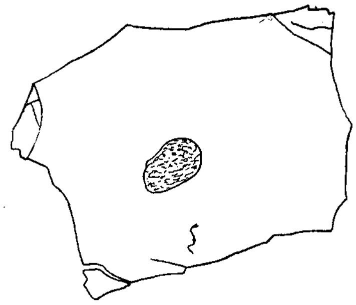


Fig. 4. — Section de quartz.
Gross. : 18 × 1.

D'autres sections sont arrondies ou montrent des contours hexagonaux avec figure d'axe caractéristique en lumière convergente; mais elles sont peu nombreuses par rapport aux autres nettement fragmentées, et toujours elles sont ébréchées. Beaucoup de phénocristaux quartzeux sont sillonnés par des fissures normales au plan de feuilletage de la roche; les morceaux en sont parfois écartés, avec intercalation de pâte dans l'intervalle (pl. XVI, fig. 4).

Les plages quartzeuses sont limpides, mais le plus souvent elles renferment des inclusions gazeuses et liquides avec libelle mobile, comme on l'observe si bien dans le quartz porphyrique. Parfois on y trouve des inclusions arrondies de pâte fondamentale (fig. 4), ou bien celle-ci y pénètre par de véritables invaginations qui rappellent les phénocristaux corrodés de porphyres.

Le *feldspath*, peu abondant, mais réparti inégalement dans les diverses couches, ne se rencontre pas en sections à contours cristallographiques, mais plutôt en fragments de faibles dimensions (1 milli-

mètre). Rarement les sections sont directement en contact avec la pâte fondamentale; mais quand c'est le cas, on est frappé de leur aspect déchiqueté. Dans les plages les plus pures, on remarque des inclusions microscopiques bacillaires disposées parallèlement à la zone d'allongement du minéral.

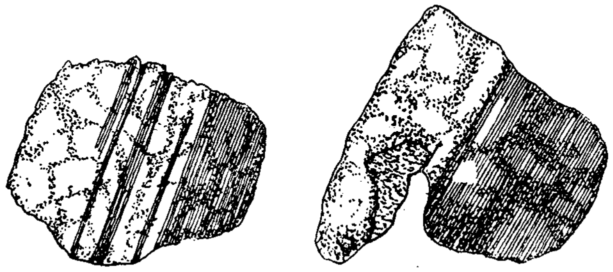


Fig. 5. — Grains de feldspath a contours déchiquetés et en voie d'altération.

Nicols +; gross. : 52 × 1.

La plupart du temps, les grains sont altérés profondément. On voit apparaître des amas écailleux micacés; mais le plus souvent on observe des traînées brun jaunâtre qui envahissent les cassures du minéral en empruntant de préférence les plans de clivage, dessinant un réseau qui laisse le feldspath limpide entre ses mailles et s'éteignant complètement entre nicols croisés (fig. 5), de sorte que la section, outre ses lamelles maclées suivant la loi de l'albite, présente une véritable marbrure. L'altération se poursuivant, le réseau envahit peu à peu la plage, on n'aperçoit plus que quelques lambeaux intacts de feldspath; puis celui-ci disparaît complètement, et les préparations donnent alors une alvéole anguleuse remplie d'une matière brun sale piquetée de grains opaques noirs (minerais de fer?) et contenant quelques phyllites.

La recherche de la dispersion des axes m'a donné, pour ce feldspath, $\rho < v$. En observant les sections à lamelles polysynthétiques s'éteignant symétriquement de part et d'autre de la ligne de macle et appartenant à la zone perpendiculaire à la face g^1 (010), j'ai trouvé un angle d'extinction avec la ligne de macle, atteignant 15° à 17°. La zone d'allongement est négative; la biréfringence plus faible que celle du quartz. Je rapporte donc le feldspath étudié à la famille de l'*albite*.

On voit également se détacher nettement, sur la pâte fondamentale de la roche, des sections allongées et fibreuses, brun foncé, disposées parallèlement à la direction du feuilletage; elles contournent cependant les grains quartzeux et feldspathiques, pincées parfois entre les

angles de ces grains contigus et s'étalant en éventail aux extrémités. Ce minéral fibreux, assez abondant, est fortement dichroïque; les fibres en sont nettement accusées par une pigmentation noirâtre très ténue, elles s'entrelacent souvent, s'éteignent en long. Un examen attentif fait reconnaître dans ces plages un *mica biotite*, à angle d'axes très faible, contenant de nombreuses inclusions de zircon et parfois d'apatite; ce mica est en voie d'altération. Quand on étudie, à de forts grossissements, les préparations parallèles aux bancs, qui montrent de nombreuses sections de ce mica suivant la face *p* (001), on y distingue de nombreuses aiguilles de rutile disposées en trois systèmes se recoupant à 120°, comme dans la *sagénite*. Ce phénomène de ségrégation du rutile dans l'altération de la biotite s'observe souvent et caractérise un mica titanifère. L'altération se poursuivant, le mica est remplacé par des plages écailleuses de chlorite contenant les microlithes caractéristiques que nous venons de signaler.

La *pâte fondamentale* est exclusivement constituée par de la séricite. Lors d'un premier examen, j'avais cru reconnaître dans certaines préparations une structure microfelsitique. Mais une étude plus approfondie m'a fait distinguer partout de la séricite, soit en écailles, soit en fibres allongées et déchiquetées parallèles au feuilletage, s'infléchissant au voisinage des phénocristaux, mais polarisant dans les tons vifs jaunes et rouges, et montrant toujours des contours capricieux, marqués, entre nicols croisés, par une ligne fine, sombre et mobile pendant la rotation de la platine du microscope. Les contournements sériciteux au voisinage des phénocristaux donnent à la roche une structure pseudo-fluidale.

Dans la pâte fondamentale, on distingue, comme minéraux accessoires, le *zircon* en prismes pyramidés parfois grands (au point de vue microscopique) et en grains souvent accumulés au voisinage des sections micacées, ainsi que du *rutile* en aiguilles microscopiques isolées, comparables à celles des schistes, avec leur macle en genou caractéristique, ou en petites houppes.

En outre, on relève encore des *enclaves*, en proportion variable dans les différents bancs. Ces enclaves, de dimensions peu importantes (2 à 3 millimètres au maximum), se détachent habituellement par leur ton sombre sur le fond clair de la roche. Elles sont ordinairement à contours arrondis et nets, allongées suivant la direction du feuilletage. L'étude aux forts grossissements y reconnaît des amas d'aiguilles de rutile, présentant parfois un tissu tellement serré qu'aux faibles grossissements ils donnent l'impression de pelotes noirâtres à l'aspect

floconneux et opalescent du leucoxène en lumière réfléchie. Parfois, (pl. XVI, fig. 3) dans ces enclaves, on distingue une argile fine traversée de traînées séricíteuses parallèles au feuilletage de la roche englobante, et dans laquelle se détachent des fragments anguleux de quartz, à contour généralement triangulaire, identiques comme aspect et dimension à ceux qu'on rencontre dans le voisinage immédiat, au milieu de la pâte séricíteuse. Quelques fragments quartzeux de la roche porphyroïde, entamant le contour de l'enclave, pénètrent par un angle dans celle-ci. Pour d'autres enclaves de l'espèce, on les voit suivre les inflexions de la pâte séricíteuse, qui s'infiltre profondément dans l'enclave, en bifurquant celle-ci. En d'autres endroits, ce sont des taches se fondant insensiblement avec la pâte de fond séricíteuse de la roche, mais ponctuées de petits grains noirs opaques et brillants (qui pourraient être de l'ilménite) et contenant peu d'aiguilles de rutile. Bref, ces enclaves donnent l'impression de *flocons de boue* englobés à l'état plastique dans la roche porphyroïde. Ajoutons qu'elles semblent exemptes de matières charbonneuses.

Quand on passe au banc *1c*, on constate que les aiguilles de rutile chargent progressivement la pâte fondamentale, qui devient de moins en moins séricíteuse, et l'on a bientôt affaire à une véritable pâte schisteuse, englobant des fragments quartzeux, feldspathiques et micacés, semblables à ceux de la roche *1a-1b*.

On observe dans le ciment argileux des traînées séricíteuses de formation secondaire, présentant parfois deux directions inclinées l'une sur l'autre, comme s'il s'était produit des pressions de directions différentes pendant le redressement des couches. La séricite se retrouve d'ailleurs en amas nettement limités et qui semblent représenter des fragments de pâte de la roche sous-jacente englobés dans le banc *1c*; ces amas sont souvent bordés d'un liseré ferrugineux (limonite?), mais ils sont toujours exempts de phénocristaux de la roche sous-jacente. On voit apparaître également la *titanite ferrifère* en grains brun sale, assez importants, associés aux sections de biotite dont l'altération s'accentue; ces sections contiennent d'ailleurs moins d'aiguilles de rutile que dans la roche sous-jacente, ce qui fait supposer que la titanite est ici un produit d'altération du rutile. Les grains de titanite ferrifère s'observent parfois isolés au milieu de la roche schisteuse, et je ne serais pas éloigné de les attribuer alors à l'altération de grains primitifs d'ilménite dont on observe d'ailleurs quelques exemplaires microscopiques intacts. On n'ignore pas avec quelle facilité l'acide titanique donne

lieu à la formation de rutile, d'ilménite, de titanite, ces formes pouvant passer de l'une à l'autre (1).

La couche *1d*, peu importante, se détache nettement par ses caractères spéciaux. Les préparations y montrent une pâte exclusivement séricìteuse, semblable à celle de la roche *1a*, mais exempte de phénocristaux. On y remarque des traînées nombreuses d'aiguilles de rutile, qui serpentent irrégulièrement, se réunissent, se ramifient et donnent à la plaque un aspect marbré. Ces aiguilles, réparties inégalement dans ces traînées, s'accumulent en certains points pour former de véritables pelotes. En d'autres points, quelques-uns de ces microlithes occupent le centre de globules clairs, à la périphérie desquels d'autres aiguilles se groupent; on reconnaît bientôt, entre nicols croisés, que ces globules se composent de phyllites disposés en spirale, en orientation concordante avec les microlithes centraux, comme si chaque globule avait subi un mouvement de giration autour d'un axe normal à la préparation. Ces globules, de $0^{mm}13$ environ de diamètre, sont placés en files, et le sens du tournoiement est le même pour tous. Ils ne rappellent en rien la texture globulaire de certains bancs de porphyre, ils donnent plutôt l'impression qu'ils se sont formés par suspension dans l'eau. De-ci de-là, on relève encore dans cette couche séricìteuse des agrégats quartzeux de formation secondaire et troublés par une grande quantité d'impuretés.

Le séparation entre la couche *1d* et *1e* est très irrégulière et présente des digitations très nombreuses; en certains endroits, elle est nette; dans d'autres, la pâte séricìteuse s'étire en traînées qui pénètrent dans le ciment argileux de la roche *1e* et se fondent insensiblement avec celle-ci.

Dès qu'on passe dans le banc *1e*, on se retrouve dans un schiste : un ciment argileux empâte de nombreux fragments de quartz, semblables à ceux des roches sous-jacentes, et particulièrement denses dans le voisinage de *1d*, comme s'il y avait eu un véritable lotissement des éléments. Dans cette région, on observe également quelques sections de mica biotite très altérées et des traînées ferrugineuses. Mais ce qui frappe, c'est l'absence complète dans ce banc *1e* de fragments feldspathiques; il est vrai que la roche est criblée d'alvéoles anguleuses et renfermant le dépôt d'altération brun sale signalé à propos des feldspaths des bancs *1a*-*1b*, ce qui semble autoriser à y voir la place de feldspaths disparus. Certaines de ces alvéoles sont tapissées d'un

---

(1) DE LAUNAY, *La science géologique*, 1905, p. 318.

dépôt ferrugineux brun foncé, sur lequel se sont implantées des lamelles micacées enchevêtrées.

C'est dans ce banc que M. Malaise a découvert de nombreux vestiges de fossiles. Les préparations en conservent d'ailleurs des vestiges qui peuvent induire en erreur au premier abord. C'est ainsi que dans la plupart des coupes minces, j'avais observé de véritables sphérules schisteuses isolées de la roche par une auréole à polarisation d'agrégat, ainsi que des sections claires en forme de lame de faux ou de croissant, donnant entre nicols croisés les caractères d'agrégats quartzeux (pl. XVI, fig. 5). J'avais été porté à y voir des traces de cendres volcaniques, ayant subi une dévitrification postérieure à leur projection. Mais en étudiant ces figures à de forts grossissements, j'observai que le quartz tapissait les deux côtés opposés de ces figures, laissant au milieu un vide; il fallait donc y voir plutôt des alvéoles résultant de la disparition de tests fossiles et tapissés ultérieurement sur leurs parois de sécrétions quartzeuses.

Roche n° 2. — Les préparations extraites du banc *2a* montrent qu'il est constitué par une roche semblable à la roche *1a*.

Les phénocristaux *quartzeux* sont de même nature; les uns ont la forme nettement fragmentaire, d'autres rappellent les quartz corrodés des porphyres. Certains de ceux-ci contiennent des inclusions arrondies de chlorite; et leur contour extérieur, très tourmenté, est bordé de même matière, particulièrement dans les anfractuosités. Ils rappellent le quartz décrit par de la Vallée Poussin et Renard dans les tufs kératophyriques de Pitet (1). La présence d'inclusions de chlorite est expliquée par ces auteurs, en disant que le grain de quartz a été perforé par le phénomène de corrosion des porphyres, et que « ces perforations peuvent se présenter sur toute la surface du grain de quartz et apparaître, suivant la manière dont elles ont été sectionnées, comme des inclusions isolées de chlorite ». Ces inclusions chloriteuses sont donc d'origine secondaire; « leur présence au milieu des cristaux de quartz ne peut être interprétée comme étant due à une cristallisation de la chlorite dans le quartz avant ou durant la formation de ces cristaux ». Les sections quartzeuses sont moins nombreuses que dans la roche *1a*, mais elles y sont aussi inégalement réparties, tant au point de vue de la quantité que des dimensions.

Par contre, le *feldspath* se montre un peu plus abondant; il appartient

---

(1) DE LA VALLÉE POUSSIN et RENARD, *Les tufs kératophyriques de la Mehaigne*, 1896, p. 21.

encore à la famille de l'albite, et les sections présentent de nombreuses macles polysynthétiques suivant la loi de l'albite et suivant la loi du péricline. Les contours sont plus précis et se rapprochent du rectangle. La plupart des sections sont altérées et épigénisées partiellement en muscovite. En outre, elles sont généralement envahies par des plages chloriteuses profondément déchiquetées et très irrégulières. Souvent, dans leur voisinage, on observe des sections de biotite chloritisées; ce minéral est alors chargé d'aiguilles de rutile et se raccorde insensiblement avec les plages chloriteuses qui envahissent le feldspath (fig. 6).

Fig. 6. — Grain de feldspath *f* envahi par une plage chloriteuse *c* qui se raccorde a une section de biotite *b* altérée avec microlithes de rutile *r*.

Gross. : 70 x 1.

Les sections de *mica biotite* réapparaissent très nombreuses, mais toujours altérées, particulièrement découpées, présentant les caractères bien connus; l'épigénie en chlorite est parfois complète avec formation de grains de *titanite* ferrifère aux dépens du rutile contenu primitivement dans le mica; le zircon apparaît en inclusions auréolées dans ces plages.

La *pâte fondamentale* est séricitense et contient, disséminées, des aiguilles microscopiques de *rutile.* Ce minéral s'accumule, tout comme dans la roche *2a*, en pelotes sombres, formant des *enclaves* souvent allongées suivant la direction des bancs et qui montrent, par les mêmes caractères que dans la roche *2a*, qu'elles ont été englobées à l'état de boue.

Le contact du banc *2a* avec *1e* n'a pu être étudié au microscope à cause de l'état de friabilité des échantillons en cet endroit. En s'éloignant de ce contact, on constate que les sections micacées deviennent de plus en plus nombreuses et ténues, tout en s'orientant parallèlement à la

direction des couches; les aiguilles de rutile se multiplient aussi pendant que les phénocristes quartzeux et feldspathiques diminuent en nombre; on arrive ainsi à une bande *2b* de 2 millimètres d'épaisseur environ, qui prend l'aspect d'un schiste fin et sériciteux. Puis on passe insensiblement et progressivement à une couche *2c*, qui présente les mêmes caractères lithologiques que *2a*. La présence de cette bande *2b* montre donc l'influence d'un lotissement des éléments dans un milieu aqueux.

Bientôt la roche *2c* passe à un schiste grossier *2d*, contenant de nombreux grains quartzeux analogues à ceux de la roche sous-jacente. Ces grains sont particulièrement abondants à la base. Les feldspaths font complètement défaut, mais de nombreuses alvéoles sont remplies d'un dépôt brunâtre déjà décrit, et qui fait supposer que ce sont là les vestiges de grains feldspathiques. Le mica a complètement disparu, et je pense qu'il faut en voir les traces dans les plages de chlorite fibro-radiée, à contours bien nets, polarisant dans le ton bleu lavande, et associés à des grains irréguliers de titanite ferrifère qui abondent à la base de la couche *2d*.

Les préparations faites dans ce banc montrent de nombreux agrégats de quartz secondaire, dont plusieurs bordés de substance chloriteuse comme dans le schiste n° 5 au Nord du gisement, ainsi que des grains de quartz primaire entourés d'une auréole de quartz secondaire, laquelle a englobé des cristaux microscopiques en forme de bâtonnets et probablement de nature feldspathique (?). Toujours cette auréole est orientée optiquement dans le même sens que le grain englobé; et nous avons relevé le cas de trois grains de quartz contigus, englobés par une auréole commune, laquelle s'éteint cependant par portions, simultanément avec le grain adjacent (pl. XVI, fig. 6). Parfois aussi le quartz secondaire se présente sous forme de grains arrondis troubles, avec inclusions bacillaires de même nature que celles des auréoles. La couche *2d* aurait donc subi une silicification importante qui lui a donné sa dureté particulière.

J'ajouterai que ce schiste *2d* est criblé d'alvéoles en forme de couronne, de croissant, de lame de faux, avec sécrétions quartzeuses, qui représentent, comme dans la couche *1e*, les vestiges de tests fossiles.

Roche n° 3. — Le banc fossilifère *2d* est surmonté par une couche *3a*, où se reproduisent tous les caractères de la roche *2a*. C'est encore une roche porphyroïde, à pâte sériciteuse, contenant des fragments de quartz peu nombreux, des sections feldspathiques épigénisées en muscovite et envahies par des plages chloriteuses, ou complètement dispa-

rues, ainsi que le montrent les alvéoles anguleuses qu'on remarque dans les préparations, et aussi des sections de biotite transformées en chlorite avec formation de grains de titanite ferrifère.

La pâte fondamentale qui contient, éparpillés, des microlithes isolés de rutile, est parsemée de nombreux groupements de chlorite écailleuse, parfois avec intercalations micacées (muscovite) et de feldspath (?). On trouve toujours dans leur voisinage des houppes d'aiguilles de rutile se transformant en titanite. Je les attribue à des sections feldspathiques envahies par de la chlorite, comme dans la roche *2a*, et à des sections de biotite; car on trouve quelques-unes, bien reconnaissables, de celles-ci, déchiquetées en lambeaux, dont les uns contiennent les aiguilles de rutile caractéristiques et dont les autres se décomposent en écailles chloriteuses. Plusieurs de ces amas chloriteux contiennent des inclusions que je rapporte à l'apatite et qui étaient primitivement en inclusion dans la biotite.

Du banc *3a*, on passe insensiblement à un banc *3b* analogue au banc *2d*, et qui constitue un schiste grossier fossilifère. Les caractères microscopiques en sont les mêmes; cependant les plages nettement limitées de chlorite avec grains de titanite ferrifère sont particulièrement abondantes à la base de ce banc, et l'on y saisit sur le vif la formation de cette titanite. Ce minéral se groupe en grains soit à la périphérie, soit au centre de la chlorite; alors on y voit implantées des aiguilles de rutile, dont quelques-unes sont restées au milieu de la plage chloriteuse; il est hors de doute que celle-ci provient du mica biotite. D'autres grains de titanite sont isolés, en dehors des plages de chlorite, et je pense qu'il faut alors les attribuer à l'altération de grains d'ilménite contenus dans le schiste.

Cette concentration de grains ferrugineux à la base de parties schisteuses, au contact avec les parties sériciteuses de la roche porphyroïde, est certainement à rapprocher d'un phénomène analogue qu'on observe dans le tuf kératophyrique du lieu dit *Im alten Garten*, près de Schameder (Westphalie). Dans ce dernier gisement, on voit, accumulés le long du contact entre le tuf et le schiste, de nombreux grains de pyrite. Faut-il y voir l'action du lotissement des minéraux lourds pendant la suspension dans l'eau?

Ce banc *3b* est fossilifère au même titre que le banc *2d* et montre, dans les préparations minces, les mêmes sections en lame de faux, en croissant, avec sécrétions quartzeuses qui marquent les traces de tests fossiles. Puis la roche, cohérente à la base, mais moins que le banc *2d*, passe à un schiste terreux et celluleux, blanc jaunâtre, phénomène qui

est à rapprocher, je pense, de celui qui se montre au gisement de tuf kératophyrique de Saint-Sauveur (1).

III. — Analyse chimique.

Les conclusions de l'étude microscopique sont corroborées par les résultats de l'analyse chimique.

M. Malaise a bien voulu me communiquer les résultats de l'analyse qu'il a fait faire (2), lors de la découverte du gisement de Grand-Manil, de trois échantillons, que j'ai pu assimiler, après examen minutieux, aux bancs *1a*, *1c*, *1e*.

	1a	*1c*	*1e*
SiO_2	61.07	61.11	60.96
TiO_2	?	?	?
Al_2O_3	18.03	21.15	23.00
Fe_2O_3 / FeO	10.47	8.75	5.52
CaO	0.54	0.58	0.54
MgO	0.74	1.20	2.76
K_2O	6.01	3.13	2.11
Na_2O	Traces.	Traces.	0.57
H_2O	3.60	4.08	4.34
Sommes.	100.46	100.00	99.80
Poids spécifiques.	2.84	2.81	2.71

Si l'on considère l'analyse *1a*, il est difficile de déterminer exactement la composition minérale de la roche. Cependant, en attribuant le K_2O à la séricite, on voit que la roche contient environ 50 °/₀ de ce minéral, lequel absorbe pour ainsi dire toute la teneur en Al_2O_3. Une partie de l'alumine (très faible) doit être combinée avec la magnésie et une partie du fer, pour constituer le mica foncé épigénisé en chlorite. On trouverait environ 2 °/₀ de ce minéral. Il resterait grosso modo 40 °/₀ de SiO_2 sous forme de quartz. Quant à la soude, je pense qu'il doit y en avoir plus que des traces. Le titane n'a pas été déterminé,

(1) DE LA VALLÉE POUSSIN et RENARD, *loc. cit.*, p. 31.

(2) Ces analyses ont été faites par M. Gillot, ingénieur, chef des travaux chimiques des Sucreries de Wanze (Huy).

mais je pense que le rutile trouvé au microscope doit en donner une quantité calculable.

La comparaison des trois analyses est assez instructive. En effet, en marchant de *1a* à *1e*, on passe d'une roche feuilletée à une roche n'ayant pas subi l'influence du feuilletage. L'étude microscopique montre que la quantité de séricite diminue. Ce fait concorde avec les analyses : la quantité d'alumine augmente, tandis que celle de la potasse diminue. D'ailleurs, la diminution du poids spécifique marche de pair avec la diminution de la proportion de séricite. L'augmentation de l'alumine résulte de ce que *1e* devient argileux.

Les quantités de MgO et de H_2O augmentent, résultat immédiat de la plus grande proportion de chlorite que l'étude microscopique révèle dans la couche *1e*. Mais par contre la teneur en fer diminue. Faut-il supposer que la séricite de la roche *1a* contient du fer (1), ou bien attribuer la haute teneur en fer de *1a* à des infiltrations, si fréquentes au voisinage des schistes encaissants (2)?

La proportion de CaO est constante. Le microscope n'a pas décelé la présence de calcite. Il semble logique de supposer la chaux combinée avec le fer dans les grains de titanite, et peut-être avec la soude dans les plagioclases appartenant à la famille de l'albite.

IV. — Discussion de l'origine de la roche.

Deux hypothèses ont été émises au sujet de la porphyroïde de Grand-Manil.

La première en date, due à M. Malaise, est la suivante :

« C'est une porphyroïde clastique, composée de grains anguleux de quartz, roulés, et de grains de feldspath altérés, partiellement transformés en mica et en matière phylliteuse.

» La substance qui a produit la porphyroïde paraît s'être épanchée à la surface du Silurien; elle est restée interstratifiée entre les couches (3). »

La porphyroïde de Grand-Manil serait donc, d'après M. Malaise,

---

(1) Jannettaz, dans son ouvrage *Les Roches,* renseigne une teneur de 8.07 °/₀ de protoxyde de fer dans la séricite.

(2) Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Palaeontologie, 1893, B. B. VIII. Mügge, *Untersuchungen über die* Lenneporphyre *in Westfalien und den angrenzenden Gebieten,* p. 587.

(3) Ann. de la Soc. géol. de Belgique, 1901-1902, t. XXIX, *Bulletins,* pp. 145 et 146.

une roche sédimentaire, dont les matériaux, accumulés par transport aqueux, auraient été empruntés à un épanchement à la surface du Silurien ; ce serait donc un sédiment de produits d'érosion d'une nappe éruptive.

D'autre part, M. Stainier, dans sa note déjà citée, émet l'avis suivant :

« Au vu des faits qui précèdent, il me semble difficile de nier que la porphyroïde est une coulée de roche éruptive sous-marine qui s'est épanchée à l'état igné sur les sédiments siluriens en voie de formation. Ces sédiments, elle les a métamorphosés au contact en produisant une auréole métamorphique de peu de puissance, chose explicable en présence du peu d'épaisseur de la nappe éruptive. Pendant l'arrivée de cette nappe éruptive, ou immédiatement après, les flots de la mer silurienne ont remanié sur place la porphyroïde, et c'est pendant ce remaniement qu'une faune abondante est venue s'installer dans la porphyroïde remaniée. La sédimentation silurienne normale, peut-être un peu modifiée, a ensuite repris son cours et a formé le schiste feuilleté n° 3 (1). »

Si l'on considère les caractères lithologiques de la roche de Grand-Manil, il est évident qu'on y retrouve tous les éléments minéralogiques d'un *kératophyre quartzifère*. En effet, des deux côtés, les minéraux principaux sont : le quartz avec les mêmes propriétés, l'albite, en quantité peu abondante, il est vrai, mais qui a pu être plus grande si l'on en juge par le nombre d'alvéoles que ce minéral aurait remplies primitivement, le mica biotite, le zircon. On peut donc dire qu'on se trouve en présence d'une roche de *caractère kératophyrique*.

Si l'on consulte ensuite l'ouvrage de Mügge sur les « Lenneporphyre », on y peut lire une description qu'il serait facile d'appliquer mot pour mot au schiste de contact Nord-Ouest (n° 5) du gisement de Grand Manil :

« Le schiste de contact sous-jacent diffère des schistes normaux de la Lenne qu'on observe un peu plus loin en amont, par des éclats et des grains de quartz un peu plus gros, dont quelques-uns sont pleins de néoformations aciculaires de séricite, et par la richesse extraordinaire en séricite de la masse de fond dans laquelle ils nagent. Le feldspath inaltéré fait défaut d'ailleurs; par contre, peut-être des amas sériciteux représentent-ils de ces pseudomorphoses. En outre, on trouve de grandes

---

(1) Bull. de la Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol., 1904. *Pr.-verb.*, p. 171.

sections de mica isolées, remplies d'aiguilles de rutile (vraisemblablement de la biotite altérée), et en plus grande quantité de l'ilménite avec de l'anatase dans le voisinage; de plus, dans la masse de fond, des microlithes de rutile en amas extraordinaires. Dans son ensemble, ce schiste sous-jacent donne l'impression d'un *mélange de boue argileuse avec des détritus d'une kératophyre quartzifère* (1). »

Mais là s'arrête le parallèle; car si Mügge, s'appuyant sur cette description dans le gisement de felsokératophyre de Siesel (vallée de la Lenne), conclut en disant que cette roche est due à une lave sous-marine, il fait entrer en ligne de compte d'autres caractères qu'il a relevés : structure fluidale dans le kératophyre, présence de nombreuses enclaves schisteuses à la base de cette roche, absence de fragments de porphyre et de ses produits d'altération dans les couches immédiatement surincombantes, absence d'une croûte scoriacée.

En ce qui concerne le gisement de Grand-Manil, nous ne devons retenir pour le moment que la conclusion terminant la description citée : *le schiste n° 5 donne l'impression, près du contact avec la roche 1, d'un mélange de boue argileuse avec les detritus d'un kératophyre quartzifère.* Et pour que ce mélange se soit produit, il faut donc que les matériaux kératophyriques qui ont donné naissance à la roche porphyroïde n° 1 se soient *déversés avec mouvement de progression sur un fond de mer boueux.*

Une conclusion indiscutable en découle immédiatement : il est évident que le gisement de Grand-Manil est contemporain des schistes ou quartzophyllades sous-jacents (assise de Gembloux).

En ce qui concerne la genèse de la roche de Grand-Manil, on se trouve au premier abord devant des difficultés sérieuses. La pâte essentiellement sériciteuse a dû subir au premier degré l'influence du redressement des couches, et sa texture primitive est certainement disparue, de sorte que l'on ne peut dire si l'on a affaire à une roche *massive* ou à une roche *meuble.* En se limitant au processus progressif que nous avons précisé plus haut, on se trouve en présence de deux solutions :

1° La roche de Grand-Manil est le résultat d'un épanchement de lave sous-marine, auquel cas elle serait un *kératophyre quartzifère* métamorphosé;

2° La roche de Grand-Manil peut être un agglomérat de matériaux

---

(1) NEUES JAHRB. FÜR MIN., GEOL. UND PALAEONT., 1893, B. B. VIII, *loc. cit.*, p. 621.

meubles d'un kératophyre quartzifère, résultant soit d'une nuée ardente, soit d'une coulée de boue volcanique, soit de cendres continentales entraînées par des pluies, soit de l'érosion des masses kératophyriques voisines de la côte, cet agglomérat étant devenu une roche compacte dans la suite, auquel cas on aurait affaire à un *tuf* (1) métamorphosé.

La première hypothèse est celle de M. Stainier; la seconde, avec processus érosif, est celle de M. Malaise.

M. Stainier basait ses conclusions principalement sur l'observation *à l'œil nu* d'une auréole métamorphique dans les schistes encaissants (n° 5 de notre coupe), et dont personnellement je n'ai relevé aucun indice sur le terrain. Au reste, cette auréole devrait se déceler par l'étude microscopique. Or, malgré mes recherches, je n'ai pu observer la chose. Le grain du schiste reste constant quand on s'éloigne du contact. Les seules particularités que j'aie notées sont ces agrégats quartzeux microscopiques à bordure chloriteuse que j'ai décrits en détail. A mon avis, on ne peut y voir des symptômes de métamorphisme de contact; je crois qu'ils constituent de petites vacuoles qui se seront remplies *in situ* par du quartz avec formation de minéral chloritique, ou bien ce sont des grains complexes de quartz englobés lors de la formation du schiste et surmoulés par de la chlorite. D'ailleurs, je rappellerai que j'ai observé le même phénomène dans la couche 2*d*, ainsi que, mais en plus petit, dans les schistes n° 3, qui, eux, ne sont certainement pas métamorphiques.

Je me suis adressé ensuite à l'analyse chimique. M. Lindeman, professeur de chimie à l'École militaire, a bien voulu rechercher la teneur en eau des schistes n°s 4, 5 et 6 de la coupe de M. Stainier; voici les résultats obtenus :

N° 4.	3.227 %
N° 5.	3.061 %
N° 6.	2.982 %

(1) RINNE (*Étude pratique des roches,* traduit par PERVINCQUIÈRE, 1905) appelle *tufs volcaniques* « les produits de projection, jadis meubles, qui ont acquis une certaine cohésion résultant soit de la pression exercée par les masses supérieures sur les inférieures, soit du recouvrement par d'autres roches, soit des pressions orogéniques, soit enfin du cimentage par des dépôts dus à la circulation des eaux aqueuses ». Cependant, par extension, j'appliquerai le nom de *tuf* à un *conglomérat de produits d'érosion* empruntés à des masses volcaniques et transportés à peu de distance de celles-ci. Je ne fais d'ailleurs que suivre, dans cet ordre d'idées, DE LA VALLÉE POUSSIN et RENARD qui, tout en reconnaissant au banc inférieur à gros grains des porphyroïdes de Pitet une origine érosive de l'espèce, lui donnent pourtant le nom de *tuf* kératophyrique. (*Les tufs kératophyriques de la Mehaigne,* 1896, p. 37.)

Comme on le voit, cette teneur diminue à mesure qu'on s'approche de la roche porphyroïde, et l'on pourrait invoquer cet argument en faveur de l'existence d'une auréole métamorphique (1). Mais ce serait imprudent, à mon avis; car les différences observées sont du même ordre que celles qu'on relève en analysant une même roche normale au moyen d'échantillons pris en différents points de celle-ci. A supposer même qu'on admette l'argument comme péremptoire, il n'impliquerait pas exclusivement l'hypothèse d'une lave sous-marine, car il s'accorde aussi bien avec celle d'une coulée de boue volcanique ou d'une nuée ardente dont les cendres possèdent souvent une température très élevée.

Si nous passons ensuite aux propriétés de la roche porphyroïde n° 1, il y a lieu de faire ressortir le caractère nettement clastique des phénocristaux quartzeux et feldspathiques. Leurs contours sont anguleux, particulièrement pour le quartz, qui présente des côtés courbes-concaves. On ne peut non plus refuser le caractère clastique aux sections quartzeuses qui rappellent les phénocristaux des porphyres : les inclusions de pâte que nous y avons signalées sont, à mon avis, des pseudo-inclusions et s'expliquent facilement si l'on considère que les fragments quartzeux ont des contours tourmentés à faces concaves et qu'une section bien orientée peut donner lieu à des inclusions de l'espèce.

Cependant M. Stainier justifie le caractère clastique de phénocristaux en l'attribuant au laminage résultant du redressement des couches encaissantes; et il rappelle à ce sujet les phénocristaux des porphyroïdes de Laifour qui ont permis de faire de celles-ci successivement des roches sédimentaires et des roches éruptives.

Mais en ce qui concerne la roche de Grand-Manil, j'estime qu'il ne faut pas s'exagérer l'importance du laminage qui lui a donné une texture pseudo-fluidale en orientant particulièrement les éléments micacés. J'ai relevé, dans plusieurs préparations microscopiques, divers détails qui permettent de se faire une idée des mouvements internes survenus dans la roche. Comme l'indique la figure 4 de la planche XVI du présent mémoire, beaucoup de phénocristaux quartzeux, parmi les plus gros, ont été rompus normalement à la direction du feuilletage, et les fragments en ont été séparés avec injection ultérieure de la pâte; mais en rajustant les morceaux, on constitue toujours une section primitive qui présente des contours nettement clastiques. D'autre part, une section de biotite, allongée dans le sens du laminage, s'est scindée en deux parties *ab*, *cd* (fig. 7) par décollement et glissement des

---

(1) ROSENBUSCH, *Elemente der Gesteinslehre*, 1901, p. 98.

feuillets, et la portion intermédiaire a été réduite à un filet imperceptible, qui permet pourtant de rétablir la relation entre les deux fragments séparés. Ce témoin suffit pour se rendre compte approximativement des déplacements qu'ont dû subir les fragments quartzeux voisins. Or j'ai tenté en vain de les rapprocher pour en reconstituer un grain de quartz primitif non clastique. Je pense plus logique, pour ma part, d'admettre qu'on a affaire à des cristaux de quartz brisés avant d'être accumulés, puis fragmentés partiellement une seconde fois et *in situ*, au sein de la roche, par le phénomène du redressement des couches encaissantes.

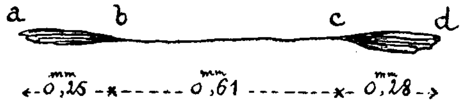


Fig. 7. — Section de mica fractionnée par le laminage de la roche.

D'autre part, les *enclaves* signalées dans la roche *1a* ne rappellent en rien la structure des schistes sous-jacents, ce qui devrait être dans l'hypothèse d'une lave sous-marine. Leur présence, avec leurs caractères microscopiques, au sein de la pâte fondamentale de la roche porphyroïde s'explique bien mieux en admettant l'hypothèse d'un épanchement à l'*état meuble* qui engloberait ainsi des flocons argileux, comme il s'en dépose incessamment dans les mers. Il en est de même de la présence d'aiguilles de rutile isolées au sein de la pâte fondamentale.

D'ailleurs, ce détail des enclaves, tout comme les autres caractères microscopiques de la roche *1a*, est à rapprocher étrangement de la description que fait Mügge au sujet d'un *tuf clastique* surmontant un *kératophyre quartzifère* sur la route d'Oberhundem-Röspe (1) :

« L'étude microscopique fait reconnaître dans le tuf des éclats anguleux et des grains arrondis de *quartz*, montrant parfois le phénomène d'auréole secondaire; ils ne se présentent pas précisément à l'état de phénocristaux, mais ils sont beaucoup plus gros que dans les schistes surincombants; à côté de beaucoup de sections altérées de feldspath, on en trouve encore d'intactes que de nombreuses déterminations permettent de considérer comme de l'*albite* tout à fait pure (extinction sur (010) + 15 à 17°; sur (001) = + 3 à 4°), avec intercalations de muscovite (ou de kaolin?) dans les traces de clivage basal et prisma-

(1) Mügge, *loc. cit.*, pp. 571-572.

tique parfois visibles à l'œil nu. Les contours cristallographiques sont rares; mais on observe fréquemment des broiements et glissements suivant les lignes de rupture et suivant les larges veines de muscovite. .... D'après la quantité de sections anguleuses, le plus souvent remplies de produits d'altération, la roche a dû être primitivement très riche en feldspath. Le produit d'altération blanc pulvérulent n'est pas de la séricite pure, mais vraisemblablement de la séricite mélangée avec du kaolin ou avec un autre minéral riche en alumine et exempt d'alcali, comme le montre la discussion de l'analyse. Au microscope, on observe à de forts grossissements, à côté des écailles de séricite biréfringentes, de nombreux grains et amas semblant isotropes; l'acide fluosilicique donne la réaction de Al et de K, et non de Na. Les néoformations de feldspath dans les fragments feldspathiques éclatés font tout à fait défaut. Des phénocristaux micacés de la roche massive, il ne reste aucune trace; cependant on observe bien un peu de fer titané (leucoxène) et de zircon.

» La *masse fondamentale* est notamment riche en séricite, qui se présente parfois en agrégats tout à fait purs, grossièrement écailleux, à côté de pseudomorphoses de feldspath, et aussi en larges traînées; et alors on observe souvent des *taches sombres, qu'un fort grossissement résout en aiguilles de rutile accumulées en grande quantité.* On peut rapporter aussi à la séricite notamment les masses talqueuses (vertes ou roses) macroscopiques qui soulignent les surfaces de schistosité et se rassemblent dans les fissures. Les couches supérieures du tuf sont seules plus pauvres en séricite; on n'y trouve pas de feldspath altéré, tandis qu'elles se distinguent encore nettement des schistes ordinaires par leur richesse en éclats de quartz et par la grosseur de ceux-ci. A côté de la séricite, la pâte fondamentale ne contient pas beaucoup de quartz; par contre, on observe des néoformations quartzeuses en petits nids et notamment en veines minces ou larges (les dernières montrant souvent des zones d'accroissement symétriques des parois de la fissure vers l'extérieur). La chlorite est absente, même dans les traînées vertes suivant les surfaces de schistosité; aussi bien les néoformations feldspathiques semblent faire défaut dans la masse fondamentale. Par-ci par-là, on trouve par contre un petit grain de *tourmaline*, ce qui n'a jamais été observé dans les roches indubitablement massives.

» La structure du tuf (1) est nettement *clastique;* on voit alterner

(1) Comme on le voit, *Mügge* étend le terme de *tuf* au cas où l'agglomérat est le résultat d'un phénomène d'érosion.

des régions plus pauvres et plus riches en feldspath ou en pseudomorphoses de ce minéral; à côté des parties de pâte fondamentale décrites plus haut, il s'en trouve d'autres se rapprochant plus des schistes, qui sont plus riches en quartz, mais en grains plus petits et arrondis, qui sont aussi plus ou moins feuilletées et contiennent de gros cristaux de tourmaline (plus souvent) et de rutile. Les contours de séparation entre ces parties, à l'opposé de ceux des enclaves nettement limitées de porphyre, même quand celles-ci sont feuilletées, sont complètement fondus. Le caractère clastique du tuf est encore renforcé par ce fait qu'on y rencontre, le plus souvent à l'état isolé, parfois cependant en certain nombre, des sécrétions particulières remplies partiellement de quartz et partiellement de séricite, qui représentent des pseudomorphoses de *particules cinéreuses*, comme nous le montrerons en détail plus loin. »

Ces analogies lithologiques entre le gisement de Grand-Manil et le tuf clastique de Siesel se complètent encore par la comparaison au point de vue chimique, ainsi qu'il résulte du tableau suivant :

	Grand-Manil : *1a*.	Oberhundem-Röspe (1).
SiO_2	61.07	50.38
TiO_2	?	?
Al_2O_3	18.03	36.08
Fe_2O_3 / FeO	10.47	1.36
CaO	0.54	0.15
MgO	0.74	0.66
K_2O	6.01	5.17
Na_2O	Traces.	1.32
S	—	Traces.
H_2O	3.60	4.40
Sommes.	100.46	99.52
Poids spécifiques.	2.84	2.718

Il est bon de remarquer que l'échantillon du gisement de Oberhundem-Röspe, analysé par Bömer, « contenait de nombreux feldspaths fortement altérés, des fragments de quartz et quelques enclaves d'une roche compacte (ayant l'apparence d'un porphyre argileux) ».

(1) MÜGGE, *loc. cit.*, p. 573.

D'ailleurs, la roche *1a* passe insensiblement à une roche remaniée *1c*, où j'ai découvert un moule de gastropode, et de là à la couche remaniée et fossilifère *1c*. La faune qui s'y est installée présente tous les caractères d'une faune littorale; mais les espèces dominantes sont des crustacés mangeurs de boue organique que l'on peut rapporter à ce que M. Hang appelle *faune bathyale*, et dont l'habitat est compris entre des profondeurs de 100 et 900 mètres, chiffres qui concordent assez bien avec le caractère argileux du banc fossilifère. En admettant la première des limites, 100 mètres, il faudrait supposer qu'à cette profondeur la mer ait pu remanier la roche porphyroïde *pendant* ou *immédiatement après* l'épanchement, comme le dit M. Stainier.

Je ne comprends pas très bien le remaniement *pendant* l'épanchement, à moins que d'admettre l'afflux brusque et simultané d'une quantité de boue argileuse suffisante pour donner lieu à l'épaisseur remaniée *1c-1e*. Je vois d'autres difficultés à un remaniement *après l'épanchement*, donc après solidification. On a vu plus haut que, d'après Mügge, un caractère d'une lave sous-marine est l'absence, dans les couches surincombantes, de fragments de la roche lavique; or, dans la couche *1e*, nous ne retrouvons que des fragments de pâte séricileuse *seule* de la roche *1a*. Peut-on, en outre, admettre que les mouvements de la mer soient assez intenses à une profondeur de 100 mètres pour remanier une lave solidifiée? Je ne le pense pas pour ma part, et je trouve le remaniement plus compréhensible si l'on suppose que la roche *1a* était un agglomérat de matériaux meubles.

Ainsi donc, tous les arguments tendent à rejeter l'hypothèse d'une lave sous-marine pour interpréter la genèse de la roche *1a*; au contraire, on est amené à croire qu'elle s'est constituée au moyen de matériaux *incohérents*, donc que c'était un *tuf*.

L'étude microscopique de la couche *2a* montre à l'évidence qu'il faut établir une subdivision à cet endroit dans le gisement de Grand-Manil. On se trouve en présence d'une seconde roche porphyroïde, de composition analogue à la première, qui s'est formée un certain temps après celle-ci, puisqu'elle a permis l'établissement d'une faune abondante dans la couche *1e* remaniée.

La suppression brusque de cette faune et le passage aussi brusque de la couche *1e* à la couche *2a*, constaté par des préparations minces taillées de part et d'autre du contact commun, à défaut de possibilité d'étudier ce contact lui-même, donnent à penser que la roche *2a* s'est constituée en une fois.

Je ne répéterai pas l'argumentation que j'ai mise en avant pour la

roche *1a*, et je puis conclure vraisemblablement à une origine analogue pour la roche *2a*. J'insisterai cependant sur l'existence de la couche schisteuse *2b*, qui montre bien que l'ensemble *2a-2c* s'est constitué ***par suspension dans l'eau.***

Je ne me répéterai pas non plus au sujet de la roche *3a* qui a arrêté le développement de la faune installée dans la couche remaniée *2d*, et qui doit aussi avoir la même genèse que ses analogues.

Nous pouvons donc dire que, primitivement, le gisement de Grand-Manil comprenait une série de *tufs*, en étendant la signification de ce terme comme nous l'avons dit plus haut. Pouvons-nous en faire des *tufs volcaniques à cristaux* (*Krystalltuff*)? Ou bien sont-ce des *tufs clastiques*, avec la même acception que dans le gisement d'Oberhundem-Röspe?

La distinction présente beaucoup de difficultés dans le cas présent. Pour rapporter la roche de Grand-Manil aux tufs volcaniques, il faudrait y avoir relevé des indices de texture cinériforme. Or, il n'en est rien, et il ne faut pas s'en étonner; on n'ignore pas, en effet, que quand la teneur en séricite est considérable, les particules cinéreuses présentent peu de résistance et que, sous l'action de pressions lors d'un plissement des couches, leurs contours s'effacent souvent (1). Mais à supposer que les vestiges de cendres aient disparu dans la roche porphyroïde proprement dite, on devrait au moins retrouver de leurs pseudomorphoses dans les couches argileuses remaniées, comme dans le tuf clastique de Oberhundem-Röspe, ou même dans les enclaves boueuses. Je n'en ai pas observé pour ma part, et toutes les plages séricileuses trouvées dans ces couches remaniées étaient parfaitement uniformes et semblables à la pâte fondamentale de la roche porphyroïde. D'un autre côté, les quartz corrodés avec inclusions chloriteuses de la couche *2a* sembleraient faire supposer qu'ils seraient des cristaux projetés directement d'un volcan par une nuée ardente; la chlorite peut provenir, en effet, de l'altération de la mince pellicule de magma vitreux qu'un cristal emporte avec lui dans un pareil phénomène, et l'on sait que cette altération se rencontre dans les magmas kératophyriques. Mais on sait aussi que les kératophyres massifs montrent souvent, sous l'action des agents atmosphériques, une épigénie de la pâte fondamentale en chlorite (2), de sorte que les quartz corrodés à inclusions chloriteuses de la couche *2a* pourraient parfaitement avoir été arrachés par érosion à des masses kératophyriques altérées, comme je viens de le dire.

(1) MÜGGE, *loc. cit.*, p. 649.
(2) IDEM, p. 635.

Si nous rappelons l'argument frappant fourni par la bande schisteuse *2b* intercalée dans l'ensemble *2a-2c*, et l'inégale répartition des phénocristaux feldspathiq [illegible] quartzeux dans les diverses parties des roches porphyroïdes, on est plutôt en droit de conclure que le processus sédimentaire a été prépondérant dans la formation du gisement de Grand-Manil.

Il est donc vraisemblable de le supposer constitué à l'origine par une succession de *tufs clastiques kératophyriques*, formés par apports successifs de matériaux arrachés par érosion à des masses kératophyriques existant au voisinage de la côte, chaque apport étant suivi d'un remaniement en place. J'ai dit *au voisinage de la côte*, car l'état des éclats de quartz des roches de Grand-Manil semble indiquer que leur transport n'a pas été très long.

Mais dans la suite, cet ensemble a subi des actions métamorphiques lors du redressement des couches encaissantes. Mügge avait proposé, pour désigner des mélanges de tufs volcaniques et de sédiments ordinaires, le terme *tuffite*, réservant celui de *tuffoïde* à des amas de l'espèce ayant subi l'action ultérieure du métamorphisme. Étendant le terme de *tuffite* à un mélange de *tufs clastiques* et de sédiments normaux, je propose d'appeler le gisement de Grand-Manil, *tuffoïde kératophyrique*, en convenant implicitement que ces roches sont dues à un processus érosif de masses volcaniques massives.

Il n'y a, au reste, aucune impossibilité à l'existence de masses kératophyriques au voisinage de la côte à l'époque des schistes de Gembloux. On trouve, en effet, un peu plus au Sud de la tuffoïde, un gisement de *rhyolite ancienne*, qui lui est postérieur, et l'on sait que les kératophyres et rhyolites appartiennent à la même classe lithologique. De sorte qu'il n'y a aucune invraisemblance à supposer la tuffoïde et la rhyolite comme émanations successives d'un même centre volcanique.

V. — Conclusions.

Dans l'état actuel de mes connaissances, je puis poser les conclusions suivantes :

1° Des arguments lithologiques et paléontologiques conduisent à distinguer, dans le gisement de Grand-Manil, trois zones superposées; chaque zone comprend à la base une roche porphyroïde passant à un schiste fossilifère, qui contient les éléments remaniés de la couche sous-jacente;

2° Ce gisement est contemporain des schistes ou quartzophyllades sous-jacents (assise de Gembloux) et est interstratifié entre ceux-ci et les schistes de Grand-Manil ;

3° Les roches porphyroïdes de Grand-Manil ne sont pas dues à des épanchements de lave sous-marine; il est plus vraisemblable de les attribuer à des amas de matériaux arrachés, par érosion, à des masses kératophyriques existant sur le littoral;

4° Ce phénomène érosif et sédimentaire s'est répété trois fois consécutives; pendant les intervalles, la mer silurienne a remanié la couche sous-jacente et une faune s'y est établie; après la troisième formation, la sédimentation normale a repris;

5° Je propose, pour désigner le gisement de Grand-Manil, le terme de *tuffoïde kératophyrique*, la tuffoïde étant, par extension, un ensemble qui comprenait, à l'origine, un complexe de sédiments normaux et de tufs clastiques (provenant par érosion de masses volcaniques voisines), et qui a été métamorphosé dans la suite par redressement des couches encaissantes.

NOTE

SUR DES

MOUVEMENTS SPONTANÉS DES ROCHES

DANS LES CARRIÈRES

PAR

A. HANKAR-URBAN (1)

Directeur-gérant des Carrières de Quenast.

Un malheureux accident, qui causa en 1903 la mort d'un homme, à Quenast, attira mon attention sur certains phénomènes de rupture, de mouvement spontané de roches, qui se produisent parfois dans les carrières.

Ces phénomènes ont été, aux États-Unis, l'objet des recherches de quelques géologues, et, avant d'indiquer les observations qui ont pu être faites aux carrières de Quenast, je crois utile de résumer d'abord celles des géologues américains.

En 1854, le professeur Johnston, de Middletown (Connecticut), signala (2) des mouvements observés dans les bancs de pierre d'une carrière de Portland (Connecticut). Les bancs de grès, que l'on y exploitait alors, en même temps que des bancs de conglomérat, sont, dit-il, séparés les uns des autres par des ardoises et des marnes. Leur épaisseur varie de quelques pouces à 2 ou 3 pieds. Les mouvements constatés consistaient dans le glissement d'un banc sur l'autre; ils se produisaient lorsqu'une recoupe ayant une direction Est-Ouest était faite dans un banc orienté Nord-Sud; les lèvres de la tranchée se rapprochaient par le glissement de l'une des parties du banc entamé

---

(1) Mémoire présenté à la séance du 20 juin 1905.

(2) *Proceedings of the American Association for the advancement of Science.* Eight Meeting, 1854, p. 283.

sur le banc inférieur. Dans un cas bien constaté, l'amplitude du mouvement atteignit $^3/_4$ de pouce. Ce glissement, remarquait l'auteur, se produisait parfois avant l'exécution complète de la tranchée et avec écrasement de la roche non enlevée constituant le fond de la recoupe.

Le professeur Johnston terminait sa communication en disant que les faits observés à Portland montrent que « les bancs de grès ne sont pas à l'aise dans leurs conditions actuelles de gisement », mais il ne cherchait pas à déterminer la cause de cet état d'instabilité.

En 1870 (1), l'attention de M. le professeur W. H. Niles, de Boston, fut attirée pour la première fois sur des cas de fracture spontanée, des mouvements d'expansion qui se produisent assez fréquemment dans les carrières de gneiss de Monson (Massachusetts).

On y constatait que des bancs de gneiss non entamés par le travail se fracturaient, que parfois il y avait écrasement d'une partie de pierre; d'autres fois, les bancs se courbaient au lieu de se fracturer ou avant de se rompre.

En avril 1871, le professeur Niles observa lui-même qu'un banc de gneiss de 1 pied et 8 pouces d'épaisseur et de 25 pieds de longueur avait pris une flèche de 1 $^1/_2$ pouce. Il constata, par la suite, d'autres bombements suivis de la fracture des bancs intéressés. Il apprit, des exploitants, que les incurvations et les ruptures des bancs étaient souvent accompagnées d'explosions comparables à celles des mines, que les phénomènes en question étaient plus fréquents les jours de grande chaleur, mais qu'ils se produisaient cependant aussi l'hiver, que parfois des fragments pesant jusqu'à plusieurs livres étaient projetés à quelques pieds en l'air, et qu'enfin, on constatait généralement un allongement appréciable des bancs après les mouvements qui les avaient dégagés de la masse.

M. Niles cite plusieurs expériences de mensuration faites par lui-même aux carrières de Monson.

Des faits observés en cette localité, ce géologue tirait les conclusions suivantes :

1° Les roches de Monson sont soumises actuellement à une énergique pression latérale;

2° Cette pression s'exerce dans une direction Nord-Sud;

3° Les bancs de gneiss compact peuvent être infléchis et fracturés, comme on le constate dans la formation des anticlinaux;

---

(1) *Proceedings of the Boston Society of Natural History.* Vol. XIV, p. 81.

4° La pression détermine parfois des explosions et des mouvements de la roche;

5° Le gneiss homogène et compact est, jusqu'à un certain point, compressible et élastique;

6° Que les roches aient été originairement comprimées par la pression latérale ou non, elles sont aujourd'hui et restent dans cet état de compression jusqu'à ce qu'une cause artificielle vienne permettre leur déplacement, auquel cas elles se dilatent.

Dans une communication faite en 1873 à la Société d'histoire naturelle de Boston (1), le professeur W. H. Niles signala encore quelques cas de fracture constatés, dans la carrière de gneiss de Monson, par M. A. T. Wing : certains mouvements observés avaient affecté des masses de plusieurs milliers de tonnes de pierre. M. Wing faisait remarquer qu'à mesure que l'exploitation atteignait des parties plus profondes de la roche, les manifestations spontanées devenaient plus importantes.

Reprenant la même année la question à l'occasion de la réunion tenue à Boston par l'Association américaine pour l'avancement des sciences, M. Niles cite (2) le fait suivant :

Le 18 juin 1873, à 6 heures du matin, une violente explosion se produisit à Monson, qui fit croire d'abord à un tremblement de terre très localisé, mais fort puissant : des pierres et de la poussière furent lancées en l'air et à de grandes distances.

La même année, une autre explosion eut lieu par un jour froid : un bloc de 23 pieds de long, 2 pieds de large et plus de 2 pieds d'épaisseur se rompit et fut déplacé de la position qu'il occupait; le déplacement dépassait 2 pieds à l'une de ses extrémités.

Les diverses communications du professeur Niles provoquèrent naturellement des observations dans d'autres carrières que celles de Monson et de Portland, observations qui firent reconnaître que les phénomènes signalés par Johnston et par lui n'étaient nullement localisés en ces deux points. Elles lui permirent de compléter et d'étendre ses conclusions sur la nature et les causes de ces phénomènes.

Les résultats obtenus furent exposés par lui en 1876 devant la Société d'histoire naturelle de Boston (3) dans un mémoire intitulé :

---

(1) *Proceedings of the Boston Society of Natural History*, vol. XVI, p. 41.

(2) *Proceedings of the American Association for the advancement of Science*, vol. XXII, part 2, p. 156.

(3) *Proceedings of the Boston Society of Natural History*, vol. XVIII, p. 272.

The Geological Agency of Lateral pressure exhibited by certain movements of rocks.

Dans ce travail, il relate d'abord les observations faites depuis ses premières communications dans différentes carrières des États-Unis.

A Berea (Ohio), des carrières de grès montrent, aux endroits où l'équilibre des roches a été rompu par l'avancement du travail, les effets destructeurs d'une compression horizontale énergique. Les bancs y sont à peu près horizontaux; on les exploite en pratiquant, dans les gradins orientés Nord-Sud, des tranchées dont la direction est perpendiculaire à celle-là. On avait constaté depuis longtemps que lorsqu'une tranchée d'une certaine longueur approchait de la partie inférieure d'un banc, la partie de pierre restant à enlever dans le fond de la tranchée était souvent écrasée, fracturée au point qu'il était entré dans les usages de stipuler que les ouvriers entrepreneurs de la tranchée étaient tenus de couper celle-ci par sections fort courtes, qui devaient être poussées jusqu'au fond avant qu'une section nouvelle pût être entamée. Néanmoins, malgré ces précautions, la pression latérale trouvait encore fréquemment l'occasion de se manifester par le glissement des bancs, surtout vers la fin de l'opération du creusement des tranchées. Ce glissement se produisait souvent avec craquements et explosion. Parfois le mouvement était si violent qu'il y avait projection de pierres ou écrasement de la roche en menus fragments ; et, lorsqu'on en avait l'occasion, on constatait que la roche avait subi un allongement permanent. Lorsque des tranchées Nord-Sud étaient creusées dans la roche, rien ne se produisait, ou bien il s'agissait de petits fragments de roche détachés par la pression Est-Ouest.

A Lemont (Illinois), dans de grandes carrières de calcaire, le docteur H. Bannister avait déjà signalé (1) que des *marmites de géants* creusées à l'époque quaternaire ont vu, depuis leur formation, les strates, dans lesquelles elles sont creusées, glisser l'une sur l'autre à une époque relativement récente, de façon qu'aujourd'hui le corps de la marmite et son fond sont en discordance.

Dans une carrière de la même région, M. Niles constata, dans un banc constituant le fond de la carrière, un bombement formant un anticlinal de plus de 800 pieds de long; une petite faille avec discordance occupait l'axe du bombement; au dire des exploitants,

---

(1) *Reports of Geological Survey of Illinois,* 3e volume; chapitre XIII ; Cook County, p. 244.

celui-ci s'était formé peu à peu avec, de temps en temps, des bruits rappelant celui d'une explosion et parfois des projections de fragments en l'air. La faille se prolongeait jusque sur la petite falaise artificielle que formait la paroi exploitée, mais la discordance n'y était plus guère sensible, ce qui montrait que le poids de la masse de pierre non encore extraite n'était pour rien dans la formation de l'anticlinal et de la faille.

M. Niles ajoute qu'il est probable que l'action de la chaleur précipite la mise en mouvement des bancs, mais est, à elle seule, impuissante à l'expliquer.

Aux carrières de gneiss de Waterford (Connecticut), de légers mouvements de la roche ont été également observés; lorsqu'on y fait, au moyen de perforatrices, une série de trous assez rapprochés l'un de l'autre, il arrive que l'écrasement des pleins restants se produit et que l'outil est tout à coup serré énergiquement dans le trou déformé.

En résumé, le professeur Niles constate que sur différents points, s'étendant sur 5 $^1/_2$ degrés de longitude, on rencontre les preuves de l'existence d'*un phénomène d'une grande énergie et uniforme dans le sens de son action*. Les effets s'en manifestent en toute saison, dans toute espèce de roches dures, que les strates soient inclinées ou horizontales. Il en conclut que l'on se trouve en présence de la continuation de l'action *du même agent géologique qui a déterminé, dans le passé, la formation des montagnes*.

M. Niles fait remarquer que le mouvement de contraction qui a comprimé les roches n'est pas nécessairement contemporain de la constatation des dernières manifestations de cette compression. L'élasticité, la compressibilité constatée dans les roches permet d'admettre que la compression peut précéder de beaucoup les mouvements constatés qui en sont la conséquence.

Le sens de la compression dans les régions considérées des États-Unis est transversal à celui qui a produit l'arête dorsale du Nouveau Continent. Le changement dans la direction du ridement a commencé à la fin du Tertiaire, et depuis lors le ridement a dû s'exercer à peu près dans la même direction qu'aujourd'hui, c'est-à-dire *perpendiculairement au méridien*. La constance constatée dans la direction des pressions est invoquée par M. Niles pour justifier l'unité de la cause première. Il trouve la preuve de l'étendue du mouvement de compression Nord-Sud dans les alternances d'élévation et d'abaissement des rivages constatées depuis la Floride jusqu'au Groenland.

Enfin, les mouvements et les fractures des roches sous l'influence des pressions constatées pourraient aussi, d'après le même auteur,

expliquer certaines détonations et explosions attribuées parfois à des causes diverses, telles que l'oxydation des pyrites, etc. .

Si l'on se rappelle, dit-il, que l'enlèvement artificiel d'une masse relativement faible de roche peut produire des effets fort énergiques, on peut se demander si certains petits tremblements de terre locaux ne doivent pas être attribués à ces pressions latérales mises en jeu par des causes naturelles qui, comme l'érosion par exemple, peuvent avoir autrement d'importance que le faible travail de l'homme.

Je n'ai pu découvrir jusqu'ici si les phénomènes observés aux États-Unis ont été signalés dans d'autres régions; quoi qu'il en soit, les conclusions de M. Niles ont été adoptées par Dana, qui les signale dans son *Manuel* (1) à propos de l'origine des montagnes, ainsi que par M. de Lapparent (2). Le maître français a eu l'amabilité de me signaler le passage en question de l'ouvrage du grand géologue américain, qu'il reproduit du reste dans la quatrième édition de son magistral *Traité* en ajoutant : « Toutes les roches du globe seraient dans un état plus ou moins accentué de compression, par suite des actions mécaniques qu'elles ont subies au cours des âges. »

De son côté, M. Marcel Bertrand, dans son *Essai d'une théorie mécanique de la formation des montagnes* (3), invoque ces tensions des roches pour expliquer la tendance au charriage.

En fait, elles sont implicitement admises par la plupart des géologues, mais les preuves directes de leur existence font généralement défaut. Cependant, ces preuves présentent un réel intérêt, non seulement parce qu'elles consacrent les vues théoriques qui faisaient prévoir l'existence de tensions dans les roches du globe, mais encore parce que leur coordination permettra peut-être de reconnaître et de préciser les plissements actuellement en cours, et qu'enfin la question présente une portée pratique qui mérite considération.

C'est ce qui m'a engagé à signaler les observations qui ont pu être faites à Quenast, quelque incomplètes qu'elles soient.

L'enquête à laquelle je m'étais livré à l'occasion de l'accident auquel je faisais allusion en commençant m'avait prouvé que les ruptures, projections et mouvements spontanés de roches, s'ils n'ont pas, à beaucoup près, l'ampleur de ceux constatés en Amérique, sont du moins bien connus des anciens ouvriers de Quenast. Si ces phénomènes

---

(1) J. B. Dana, *Manual of Geology,* 3e édition, p. 304.
(2) de Lapparent, *Traité de Géologie,* 4e édition, p. 563.
(3) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences,* 1900, 1er vol., p. 291.

avaient jusqu'alors échappé à l'attention de la Direction, c'est que, outre la moindre importance de leurs manifestations, les conditions y sont beaucoup moins favorables pour l'observation que dans les carrières citées par Johnston, Niles, etc.

Dans ces dernières, en effet, on produit la pierre de construction, et l'on emploie en conséquence les procédés habituels d'avancement et de débit méthodiques, on recoupe progressivement des bancs souvent peu épais et séparés parfois les uns des autres par des couches d'autre nature, moins résistantes. La division régulière de ces bancs par des lignes parallèles de coins, ou autrement, est la règle; l'emploi de la mine est exceptionnel. Enfin, les roches exploitées dans ces carrières sont relativement peu résistantes, de sorte que les mouvements spontanés de la roche et l'écrasement de parties de pierres peuvent se produire assez facilement, et, lorsqu'ils se produisent, ils se constatent aisément.

A Quenast, au contraire, le pavé étant l'objet unique de l'exploitation, on cherche à abattre à la fois une grande quantité de pierre que l'on débite ensuite; l'abatage se fait exclusivement par la mine, avec emploi de poudre noire, à l'exclusion de tout autre explosif. Dans ces conditions, on conçoit que s'il existe dans la masse des pressions latérales, les manifestations qui en résultent, mouvements, ruptures de roches, explosions, doivent se produire le plus souvent en même temps que les effets de la déflagration de la poudre et se confondre avec ces derniers.

J'ajouterai que la résistance à l'écrasement de notre porphyre (1) étant beaucoup plus considérable que celle des roches exploitées dans les carrières citées plus haut, les effets d'écrasement des pseudo-bancs, fort épais d'ailleurs, en général ne pourraient se produire, comme dans ces carrières, que dans des cas très particuliers que nos procédés d'exploitation ne réalisent généralement pas.

Néanmoins, malgré ces circonstances peu favorables, diverses manifestations d'une compression latérale énergique ont pu être observées dans nos carrières depuis un demi-siècle. La plus fréquente, ou du moins celle qui est le mieux connue de nos ouvriers, est celle à laquelle ils donnent en wallon le nom caractéristique et imagé de *bendon*. Leur expérience leur a, en effet, prouvé que la pierre se trouve parfois dans

---

(1) 2 344 kilogrammes par centimètre carré, moyenne des essais faits, sur 10 cubes de 5 centimètres de côté, au Laboratoire royal de Berlin, en 1885.

un état de tension que dans leur esprit ils assimilent au *bandé* de l'arc.

Voici en quoi consiste le *bendon :* dans les parties très compactes de la masse rocheuse, il arrive qu'une portion superficielle de la pierre, généralement très allongée par rapport à sa largeur et surtout à son épaisseur, se sépare, par fêlure, du reste de la masse. Cette fêlure, qui se produit avec un craquement caractéristique, se convertit en une fente qui s'ouvre de plus en plus dans sa partie centrale par le bombement de la partie détachée, tandis que les extrémités de celle-ci restent plus ou moins fixées à la roche. D'ordinaire, au bout de peu de temps, la partie bombée se brise avec une explosion plus ou moins forte et, parfois, projection de blocs.

On peut donner une idée des dimensions habituelles, très variables du reste, des *bendons* en disant que leur longueur est de quelques mètres, la largeur de quelques décimètres et l'épaisseur de quelques centimètres.

Quelquefois, le *bendon*, au lieu de faire explosion, se fend simplement en travers, et la pierre, plus ou moins détachée de la paroi, peut rester en place, la pression latérale ayant épuisé ses effets.

Les projections de blocs résultant de l'éclatement des *bendons*, quoique ne se faisant généralement que dans un rayon de quelques mètres, sont cependant, en raison de leur soudaineté, assez dangereuses pour les ouvriers qui travaillent à proximité; aussi, les carriers expérimentés, lorsqu'ils constatent, par les craquements précurseurs, la formation, dans un endroit dangereux pour eux, par sa position, d'un *bendon*, ont-ils l'habitude de le casser, en le frappant au milieu au moyen de leur masse, afin de n'être pas surpris par sa rupture naturelle et la chute de pierres qui en est la conséquence. La rupture, qui parfois se fait avec explosion, donne généralement lieu, même lorsqu'elle est provoquée, à un éparpillement caractéristique des blocs qui témoigne de l'état de tension dans lequel se trouvait la roche.

La photographie que j'ai l'honneur de présenter peut donner une idée d'un *bendon* qui s'est fendu par le milieu sans éclater. Sa longueur est de 4 mètres environ, sa largeur de 1 mètre, son épaisseur de 10 à 15 centimètres. La figure 1 donne le profil et la position d'un *bendon* de plusieurs mètres de longueur et dont une moitié est encore en place dans la carrière du Champ d'asile.

En interrogeant d'anciens ouvriers, j'ai pu relever une cinquantaine de cas de *bendons* éclatés naturellement ou brisés par eux.

Certaines de ces explosions avaient, d'après les souvenirs des

ouvriers interrogés, projeté jusqu'à plusieurs mètres cubes de pierre; certaines projections s'étaient faites vers le haut, l'une d'elles s'était produite sous l'eau dans le fond de la carrière du Bloquiau, avec jaillissement de l'eau à plusieurs mètres de hauteur.

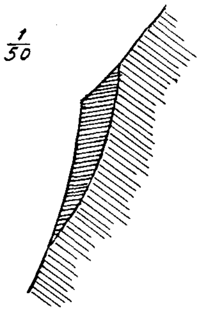


Fig. 1.
Bendon en place dans la carrière du Champ d'Asile a Quenast.

Un autre genre de manifestation de la compression de la roche consiste dans la brusque dilatation de l'about d'un banc recoupé par l'exploitation. Lorsque la dilatation ne s'est pas produite en même temps que l'explosion des mines, parce que l'adhérence aux bancs voisins l'a emporté sur la dilatation, il arrive que l'équilibre vient à être rompu par une cause quelconque, par exemple la chaleur solaire, qui vient ajouter une cause de tension à celles qui existent déjà; le décollement du bloc d'about se produit alors, et parfois sa chute avec, au départ, un bruit plus ou moins fort, mais caractéristique.

Les chutes de pierres sont assez fréquentes dans les carrières; elles sont souvent produites par des glissements, des ruptures d'équilibre dus aux gelées, aux pluies, etc., mais ce qui caractérise celles que l'on peut rattacher à un état de tension existant dans la roche, c'est un craquement plus ou moins violent *avant* la descente des blocs.

Il semble que c'est aussi à la même cause que l'on peut rapporter certains craquements, avec ou sans chutes de pierres, que l'on entend parfois la nuit dans les exploitations et au sujet desquels les ouvriers chargés de l'épuisement, les gardes de nuit, etc., pourraient souvent fournir d'utiles renseignements.

La soudaineté de ces phénomènes en rend l'observation fort difficile; cependant, comme j'avais attiré sur eux l'attention du personnel de surveillance, j'ai pu établir, avec assez de précision, les circonstances dans lesquelles une explosion se produisit, le 2 septembre 1905, dans la carrière du Pendant, circonstances que l'on peut résumer comme suit :

Dans la paroi Nord, à peu près verticale, créée par l'exploitation à la profondeur de 75 mètres sous le plateau, soit à 40 mètres sous le niveau de la Senne et où aucun travail n'avait plus été exécuté depuis cinq ou six mois, des craquements se firent entendre vers 11 heures du matin, et à 2 heures de l'après-midi une explosion se produisit, rappelant celles des mines, mais plus sourde et avec projection de fragments de roche.

La journée était chaude, et comme la paroi est orientée Est-Sud-Est—Ouest-Nord-Ouest, le soleil la frappait directement à ce moment. La roche, très massive à cet endroit, y présente un plan de cisage à peu près vertical et incliné sur la paroi à 70° environ. C'est de part et

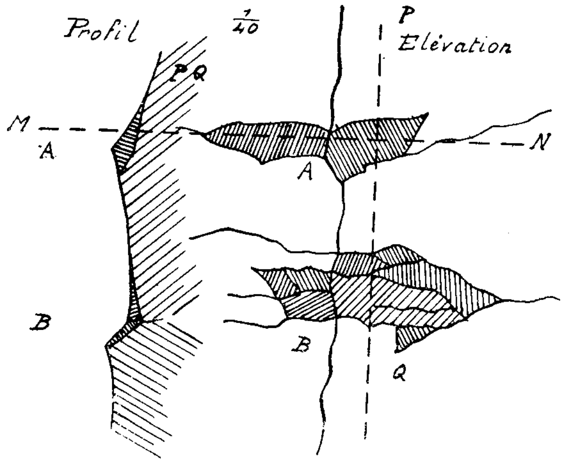


Fig. 2.

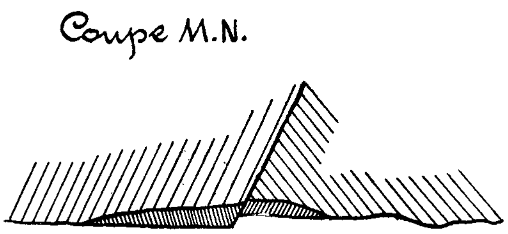


Fig 3.

Fig. 2 et 3. — Explosion spontanée du 24 septembre 1903, a la carrière du Champ d'Asile (Quenast).

d'autre de ce cisage, sur le biseau obtus comme sur le biseau aigu, et en deux points, *A* et *B* des figures 2 et 3, distants verticalement d'environ 1 mètre, que des fragments de roche avaient été détachés. Les deux plus gros avaient respectivement 80 et 75 centimètres de longueur et pesaient 18 et 15 kilogrammes; ils tombèrent à peu de distance du pied de la roche; mais une vingtaine d'autres morceaux de pierre, plus petits, furent projetés jusqu'à 4 et 5 mètres de la paroi.

Les photographies que j'ai l'honneur de présenter à la Société, et dont les figures 2 et 3 donnent les schémas, montrent les conditions de situation de la paroi où s'est produit le phénomène, ainsi que

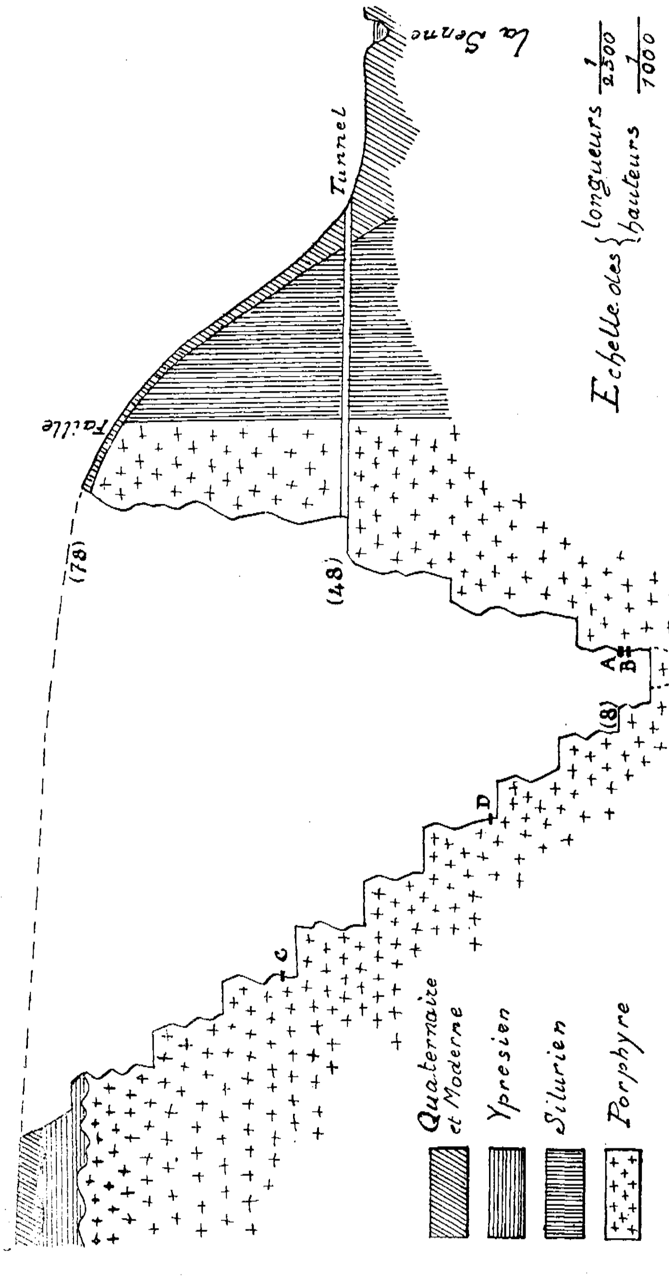


Fig. 4. — Coupe d'ensemble de la carrière du Pendant, a Quenast.

A et *B*. Bendons, dont l'explosion spontanée, avec projection, eut lieu le 2 septembre 1903.
C. Bendon dont l'explosion spontanée, sans projection, eut lieu le 2 mars 1905.
D. Bendon dont l'explosion spontanée eut lieu en octobre 1905.

quelques-uns des fragments qui ont pu être recueillis. Les plus grands étaient aplatis d'avant en arrière et allongés de droite à gauche, formant de véritables esquilles.

Comme on le remarquera, il s'agit dans ce cas-ci d'une manifestation de bien médiocre importance; si je l'ai rapportée avec quelques détails, c'est que les occasions permettant une bonne observation sont fort rares.

Le 2 mars 1905, un *bendon,* d'environ 1 mètre de longueur sur 35 centimètres de largeur et 10 centimètres d'épaisseur, se produisit encore dans la carrière du Pendant, sous les yeux de deux ouvriers et d'un piqueur, à 200 mètres au Sud du premier point, mais cette fois au troisième étage de la paroi Sud, au point *C* de la figure 4. Dans ce cas, il n'y eut pas de projection (1).

La coïncidence des phénomènes de l'espèce avec des journées de forte chaleur est très fréquente; mais, comme aux États-Unis, ils se produisent cependant aussi en hiver.

L'orientation des bancs où ils se sont manifestés est approximativement Est-Sud-Est – Ouest-Nord-Ouest, pour autant qu'on puisse l'établir par les faits anciens.

Certaines formes de cassures observées sur des parois ayant la même orientation militent aussi en faveur de l'existence d'une compression dirigée Est-Sud-Est—Ouest-Nord-Ouest.

Je ferai remarquer que cette direction se rapproche de celle de la faille qui forme, vers le Nord, la limite entre le gisement de porphyre et les schistes siluriens qui l'entourent.

L'exploitation de la roche porphyrique étant poursuivie dans la partie Nord du gisement, les divers points où des mouvements spontanés ont été constatés sont situés dans le voisinage de la limite en question, parfois à quelques dizaines de mètres de celle-ci. Cette circonstance, par suite de la moindre résistance des schistes voisins, est favorable à la manifestation, dans cette partie Nord de la masse porphyrique, d'un état général de compression de sens Est-Sud-Est—Ouest-Nord-Ouest, auquel il semble que l'on peut rapporter les phénomènes constatés à Quenast.

Il ne paraît pas que ceux-ci soient en rapport avec les mouvements

(1) Depuis la lecture de cette note, quelques cas d'explosion se sont encore produits dans la carrière du Pendant, les uns à 15 et 20 mètres à l'Ouest des points *A* et *B* et à peu près à la même hauteur, un autre au point *D* de la figure 3, mais derrière des blocs détachés, qui ont masqué les mouvements qui ont pu se produire. Dans un cas il y a eu projection de poussière.

sismiques enregistrés à la station de Quenast. Mais les observations de mouvements spontanés, bien repérées, sont encore trop peu nombreuses pour que l'on puisse hasarder une conclusion à ce sujet.

Il convient du reste de rappeler, à ce propos, la faible réceptivité sismique du massif porphyrique récemment signalée par M. Lagrange (1).

La question se pose, du reste, de savoir s'il s'agit d'un phénomène actuellement en cours et qui se poursuivrait avec plus ou moins de constance depuis le demi-siècle sur lequel portent les constatations faites à Quenast, ou bien si l'état de compression qu'y présente la roche porphyrique est le reliquat de phénomènes orogéniques anciens qui ont cessé depuis longtemps, la tension énergique produite alors ne venant à se manifester que lorsqu'une circonstance naturelle ou artificielle vient donner à une partie de la pierre la possibilité de se dilater.

La seconde hypothèse est parfaitement admissible, car M. Walter Spring a établi (2) que les roches sont douées d'une élasticité parfaite, que, soumises à des pressions, celles-ci fussent-elles de 20,000 atmosphères, elles ne subissent pas d'augmentation permanente de densité. Il n'y aurait donc rien d'étonnant à ce qu'une roche aussi dure, aussi résistante que le porphyre de Quenast eût conservé pendant une longue suite de siècles l'état de tension constaté. Néanmoins, nous penchons pour la première hypothèse, et nous croyons qu'il s'agit plutôt d'un phénomène actuel soumis à des périodes de recrudescence, qui expliqueraient la soudaineté de ses manifestations dans des parties de roche restées longtemps en repos.

Mais l'étude de ces mouvements spontanés ne pourra donner de résultat que lorsqu'aux faits constatés à Quenast on aura pu ajouter des observations, plus complètes si possible, faites sur d'autres points.

Il importe, en effet, de reconnaître d'abord si les phénomènes en question ont dans nos régions une aire aussi étendue qu'aux États-Unis, si la direction de la compression qu'ils impliquent est constante, et, le cas échéant, de préciser cette direction générale, ou de déterminer s'il s'agit au contraire d'une déviation locale, d'un phénomène de plissement ayant dans son ensemble une direction différente, déviation provoquée peut-être par la résistance du *horst* du Brabant, dont le

---

(1) *Bulletin de la Société belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol.,* t. XVIII, 1904, Proc.-verb., pp. 327 à 329.

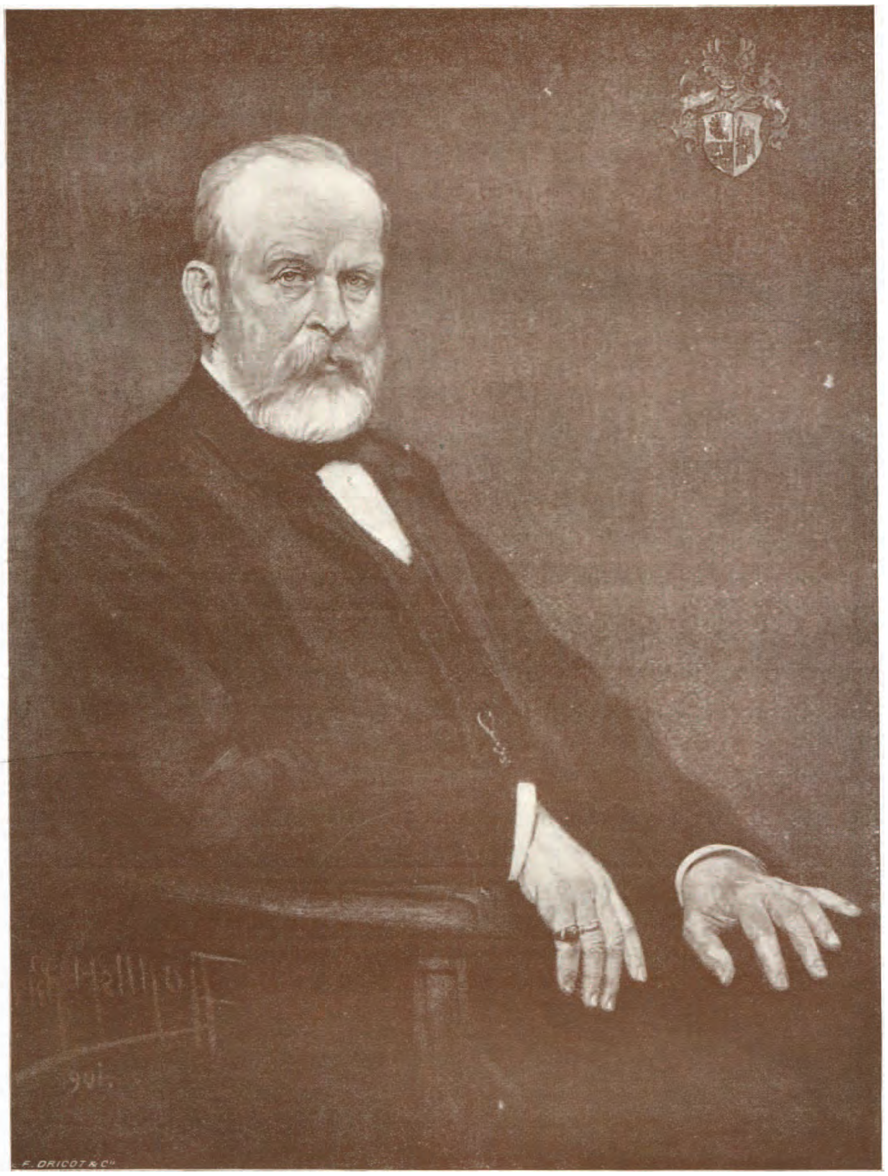
(2) *Note sur les différences de densité d'une couche de calcaire dans les parties concaves et convexes d'un même pli.* (ANN. DE LA SOC. GÉOL. DE BELGIQUE, 1883-1884, p. 49.)

gisement de porphyre fait partie et dont notre confrère M. Simoens nous a signalé ici même à diverses reprises le rôle important.

Il ne me paraît pas douteux, dès à présent, que l'on pourra reconnaître ailleurs qu'à Quenast la trace des phénomènes analogues à ceux constatés dans nos carrières, notamment à Lessines, d'après certains renseignements, malheureusement incomplets, qui m'ont été communiqués. C'est ce qui m'a engagé à faire la présente communication, afin de provoquer l'observation des phénomènes qui en font l'objet.

Les carrières, si nombreuses dans notre pays, et notamment les carrières de pierre de taille, offrent un champ favorable à l'observation. Peut-être pourrait-on en trouver un autre dans les exploitations minières où l'enlèvement méthodique de certaines couches doit donner aux couches non entamées l'occasion de manifester l'état de compression auquel elles seraient soumises par des mouvements de courbure ou de rupture. Malheureusement, ici, l'observation des phénomènes en question se complique singulièrement par suite de l'importance de ceux dus à l'affaissement des morts-terrains supérieurs : les divers mouvements des roches qui en résultent doivent le plus souvent voiler les mouvements qui seraient dus à d'autres causes. Aussi me bornerai-je à attirer sur la question l'attention de ceux de nos collègues qui ont l'occasion de faire des observations dans les mines, certain que si quelques résultats peuvent être obtenus de ce côté, ils sauront vaincre les difficultés qu'y rencontre l'observation.

En terminant, je prie ceux de nos collègues et les lecteurs de cette note qui seraient en possession de renseignements publiés ou inédits sur la question ou qui auraient connaissance de faits analogues à ceux que j'ai mentionnés, de vouloir bien me les communiquer, ou me les signaler.



FERDINAND VON RICHTHOFEN

D'après une reproduction photographique (Phot. Ges. in Berlin) du portrait peint par Henri Hellhoff, communiquée par Madame F. von Richthofen.

Ferdinand von Richthofen

1833-1905

par Jean BERTRAND (1)
GÉOGRAPHE

Planche XVII

En 1859, à quelques mois d'intervalle, mouraient Alexandre von Humboldt et Karl Ritter, les fondateurs de la géographie moderne.

En 1904 et 1905, à quelques mois d'intervalle, mouraient Friedrich Ratzel, Élisée Reclus et Ferdinand von Richthofen, les trois grands géographes de la seconde moitié du XIXe siècle.

Un travail est à faire : placer ces trois hommes dans l'histoire, car ils eurent tous trois un rôle éminent, et marquer leurs influences diverses, car ils eurent tous trois une personnalité accusée, nettement différenciée dans leurs directions respectives. Cependant le moment n'en est pas encore venu : Richthofen a laissé de nombreux élèves dont l'activité témoignera de la puissance de son enseignement; Reclus a laissé en cours de publication un important ouvrage, couronnement de l'œuvre qu'il a édifiée par le labeur incessant d'une noble carrière d'une longue vie individuelle et sociale intense; Ratzel est regretté d'une foule de disciples convertis par sa parole ou ses écrits; le rendement direct de son activité ne pourra être évalué avant bien des années, et quoiqu'il n'ait pas eu le bonheur ultime éprouvé par Reclus de mourir après avoir terminé son œuvre, l'influence de son esprit puissant, sagace et novateur perdure avec autant d'énergie qu'il y a deux ans, alors que parmi ses élèves affectionnés il travaillait et formulait de grands projets pour l'avenir.

Ces trois hommes vivent encore parmi nous, la récolte dont ils ont jeté la semence est à peine levée.

(1) Mémoire présenté à la séance du 21 novembre 1905.

Les jeunes générations qui ont vu la plénitude de leur efflorescence intellectuelle ne pourront avec sécurité les classer dans l'histoire que lorsqu'elles-mêmes seront parvenues à maturité. La valeur même de cette maturité sera un gage de plus de la profonde influence des trois géographes que le monde vient de perdre.

Et si je me permets de prononcer quelques paroles sur Richthofen, c'est que j'en fus prié par la Société belge de Géologie, dont il était membre.

Je le fais volontiers, car je considère cette prière de la part des géologues comme une reconnaissance implicite et indiscutable que si Richthofen fut un géologue hors pair, il fut en fin de tout un géographe.

Et l'on pourrait appliquer à toutes les tendances et aux travaux de Richthofen ce que lui-même disait du plus grand des géologues :

« Le géographe ne peut se passer des bases géologiques, et le géologue, pour bien juger des conditions des temps passés, s'appropriera les acquisitions de la géographie physique dans la connaissance des conditions et des exemples présents...

» Des géologues éminents, comme autrefois Murchison ou Hochstetter, ont à un âge avancé accordé leur intérêt prédominant à la géographie; les œuvres d'autres unissent harmonieusement les deux sciences. C'est ainsi que l'ouvrage monumental sur la Face de la Terre, dont l'édifice admirable transporte de la fin du siècle précédent dans le siècle actuel, est géographique d'après ses fins, mais sa méthode et ses éléments de construction sont tirés de la géologie (1). »

Différentes biographies de Richthofen ont paru déjà. Je n'en citerai

---

(1) *Je m'excuse à l'égard du lecteur de mettre sous ses yeux une traduction peu littéraire; j'ai eu avant tout pour but de rendre exactement la pensée des auteurs que j'ai eu à citer. Je crois y avoir réussi; dans tous les cas, pour éviter toute contestation au sujet des textes mentionnés, j'ai eu soin de reproduire chaque fois en note infrapaginale le texte allemand original.*

Texte allemand : « .. Der Geograph kann die geologischen Grundlagen nicht entbehren, und der Geolog wird sich mit Vorteil, um Zustände vergangener Zeiten richtig zu beurteilen, die Errungenschaften der physischen Geographie in der Erkenntnis gegenwärtiger Zustände und Vorgänge aneignen . . . .

» Hervorragende Geologen haben, wie einst Murchison oder Hochstetter, im späteren Leben ihr Interesse vorwaltend der Geographie zugewandt; die Arbeiten Anderer vereinigen harmonisch beide Wissenschaften. So ist das monumentale Werk über das Antlitz der Erde, dessen bewundernswerter Aufbau aus dem Ende des vorigen Jahrhunderts in das gegenwärtige herüberreicht, nach seinen Zielen geographisch, aber seine Methode und seine Bausteine sind der Geologie entnommen. »

VON RICHTHOFEN, *Triebkräfte und Richtungen der Erdkunde im neunzehnten Jahrhundert*, p. 685. (*Zeitschrift d. Gesellschaft f. Erdkunde z. Berlin*, 1903, Heft n° 9, pp 655-692.)

qu'une, celle que publie en ce moment même M. Erich von Drygalski dans le *Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin* (Heft n° 9, 1905), sous le titre de *Gedächtnisrede auf Ferdinand Freiherr von Richthofen.* J'ai pu en prendre connaissance, avant son apparition, grâce à l'amabilité de M. G. Kollm, secrétaire général de la Société berlinoise, qui a bien voulu m'en communiquer les épreuves.

C'est donc à cette biographie fort bien faite par un homme éminent, qui vécut très près de Richthofen, que je renvoie tout lecteur désireux d'avoir des données biographiques détaillées.

Pour comprendre Richthofen géographe, il suffit et il est nécessaire de tracer à grands traits les principaux épisodes de cette vie d'homme d'action et d'étude, *car on ne peut séparer les deux points de vue, ils ont une influence réciproque indissoluble.*

Richthofen est né le 5 mai 1833, à Carlsruhe, en Silésie. Ses premières études furent conduites par un précepteur bon et affectueux. Il s'en souvint toute sa vie avec émotion et aimait dire combien l'influence de cet homme de bien sur toute sa carrière intellectuelle fut considérable.

A 12 ans, Richthofen alla à Breslau et y fréquenta les cours du gymnase catholique.

A 17 $^1/_2$ ans, il commença ses études universitaires dans la même ville. Deux ans plus tard, il vint les continuer à Berlin. L'objet de ses études fut multiple, il comporta les diverses branches des sciences naturelles. De plus, Richthofen s'efforça de combler une lacune qu'avait laissée en lui l'enseignement de Breslau : il étudia les mathématiques, pas cependant comme il sentait le besoin de le faire.

Il fit un assez important voyage d'études en Dalmatie.

A 23 ans, il publia un travail : *de Melaphyro,* caractérisé par une discipline rigoureuse. Cette thèse — qui lui valut le titre de docteur — confirmait pleinement les espérances que ses maîtres avaient placées en lui et faisaient pressentir de manière lumineuse la valeur du futur savant.

C'est à une date immédiatement postérieure à cette époque que Richthofen se livra à des études géologiques approfondies dans les Alpes, et c'est lui qui établit l'existence des Rhyolithes et des Grünsteintrachytes. C'est lui qui résolut le grand problème des Dolomites du Tyrol, solution qui devait être ratifiée en 1879 par Mojsisovics (1).

---

(1) Voir : 1° MOJSISOVICS, *Die Dolomitriffe von Südtirol und Venetien,* Wien, 1879, pp. 494-495; 2° ERICH VON DRYGALSKI, ouvr. cité. (*Zeitschr. d. Ges. f. Erdk. z. Berlin,* 1905, Heft n° 9.)

Richthofen aspirait au voyage et à l'exploration. Bientôt il quitta l'Europe comme membre scientifique d'une expédition envoyée en Orient, aux frais d'une association commerciale prussienne.

Cette expédition séjourna peu de temps en Asie et, après avoir passé quelques mois au Japon, en Chine, à Formose, aux Philippines, à Java et au Siam, revint en Europe. Richthofen resta en Asie. Il alla par des routes neuves vers Malmen en Birmanie, de là à Calcutta et à travers le Kashmir, dans l'intention de pénétrer au cœur de l'Asie, mais tous ses plans échouèrent. Le centre asiatique lui resta fermé en ces endroits comme en plusieurs autres par où il tenta d'y pénétrer (1).

Richthofen quitta momentanément le continent asiatique. Il se rendit en Californie. Dans la Sierra Nevada, il entreprit des recherches géologiques dont les résultats furent publiés dans : *Die Metallproduktion Californiens und der angrenzenden Länder*. Un autre ouvrage : *The natural system of volcanic rocks*, fit apprécier ses études pétrographiques.

Cependant la Chine ignorée l'attirait.

Depuis 1735, date de la publication de la fameuse carte des Jésuites, aucun document de valeur, ayant la terre de l'Empire du Milieu pour objet, n'avait vu le jour, à l'exception de quelques données particulières et fort localisées. Il élabora donc un plan d'exploration avec le géologue Whitney, et en septembre 1868, il se retrouvait sur le sol chinois.

Pendant sept ans, ce fut un labeur incessant : plus des deux tiers des provinces chinoises furent analysées par lui.

Ce sont ces explorations et les études auxquelles elles donnèrent lieu qui établirent la célébrité de Richthofen. C'était assurément lui qui connaissait le mieux la Chine. C'est à cette époque qu'il entrevit pour l'Allemagne la possibilité de s'établir un jour au Shantung. Cela devait se réaliser trente ans plus tard sur ses propres indications (2).

Retiré au Japon pendant les terribles massacres de 1870, il revint en Chine, mais l'impossibilité de pénétrer vers l'intérieur du continent par la route de Marco Polo le fit revenir en Europe en 1872, après douze ans d'absence.

Son ouvrage sur la Chine est trop célèbre pour que j'en donne un aperçu. J'attire l'attention du lecteur sur le point que, fait par un géo-

---

(1) VON DRYGALSKI, ouvr. cité, et C. ROHRBACH, *Ferdinand von Richthofen. Pet. Mitt.*, nov. 1900. *Geogr. Anz.*

(2) VON RICHTHOFEN, 1° *Kiautschou, seine Weltstellungen und Bedeutung. Preussische Jahrbücher*, janvier 1888; 2° *Schantung und seine Eingangspforte Kiautschou* (1898).

logue incomparable, ce travail présente, en outre, un intérêt de première main pour tout économiste.

Revenu en Allemagne, il habita Berlin, où il réorganisa la Société de Géographie (1). En 1875, à 42 ans, après avoir déjà fourni une carrière remarquable, il se consacra à l'enseignement et ouvrit un cours à l'Université de Bonn. De 1883 à 1886, il professa à Leipzig, où le souvenir de Peschel était vivace. Mais il n'y resta point; en 1886, il fut appelé à la chaire de Géographie de l'Université de Berlin : où il professa jusqu'en ces derniers temps.

De 1875 à 1905, son activité ne se borna pas à ses cours, à la publication de son ouvrage sur la Chine et à la réorganisation de la Société de Géographie de Berlin : il se dévoua aux différents congrès des géographes allemands et aux congrès internationaux; il étudia beaucoup de questions — et des plus diverses — concernant la Chine, notamment son ancienne littérature; il s'intéressa très vivement et donna beaucoup de son temps au développement économique de l'Allemagne.

Richthofen professait ses cours avec une maîtrise sans pareille de savant, mais non d'orateur (2). Il était bon, aimable et, je dirai non vénéré, mais profondément aimé de ses élèves, ce qui est mieux.

J'ai dit plus haut qu'il n'était pas encore possible de fixer définitivement Richthofen dans l'histoire. L'histoire des progrès successivement réalisés dans la connaissance de la Terre n'est-elle pas une des parties importantes de l'histoire? Cependant le travail de Richthofen nous permet de dégager certains enseignements et de porter sur lui une appréciation générale relativement à l'influence qu'il a exercée et exercera sur l'évolution du savoir humain.

*
* *

On a souvent dit que le XIXe siècle est le siècle de la science. Dès lors, qui niera que le développement actuel de la géographie s'est manifesté à son moment historique? De même que Paris, la grande ville, le centre de la terre française, devait se développer là où il est et ne pouvait en aucune façon prendre naissance en un autre lieu, quel qu'il soit, parce que ce lieu seul, et non un autre, est l'unique point de convergence de toutes les grand'routes qui sillonnent le pays

---

(1) von Drygalski, cité plus haut.
(2) C. Rohrbach, ouvr. cité.

de France, de même la géographie, confinant à tous les domaines des connaissances humaines, ne pouvait s'élever au niveau extrêmement complexe qu'elle atteint aujourd'hui qu'à l'époque où chacune des sciences particulières dont elle procède était arrivée à un haut degré d'avancement permettant une synthèse philosophique. Le géographe idéal doit, en effet, être armé de connaissances encyclopédiques extrêmement vastes, parce que, quelle que soit la partie de la géographie qu'il spécialise, — et il est forcé de spécialiser, — il se trouve toujours en contact avec les sciences exactes, naturelles et sociales. C'est donc au XIXe siècle, et ce n'est qu'alors que la géographie était appelée à se formuler scientifiquement.

L'évolution de cette science (1) depuis Humboldt et Ritter nous montre d'ailleurs à l'évidence la justesse de cette remarque.

Pour la mathématique, le XIXe siècle n'est point le novateur, il est le perfectionnement du XVIIIe.

Dès lors, c'est de 1800 à 1850 que devait se constituer la géographie physique qui repose avant tout sur l'étude de la Terre comme astre.

Les sciences naturelles prenant leur grand essor devaient fatalement contribuer à la constitution définitive de la géographie physique comme science naturelle. C'est de cette époque que datent la compréhension et la définition du milieu géographique, et c'est dans les diverses interprétations de ce milieu que gît la différenciation des grandes écoles géographiques dont les bases furent jetées dans la première moitié du siècle dernier par Alexandre von Humboldt, d'une part, et Karl Ritter, d'autre part.

Voici comment Richthofen caractérise ces deux esprits :

Humboldt. — (2) « A la naissance du XIXe siècle, pour la connais-

---

(1) ... s'il est possible d'appeler la géographie dans son ensemble *une science*. Je me propose de reprendre cette question par ailleurs, au courant d'autres études.

(2) *Texte allemand :* « An der Wende zum neunzehnten Jahrhundert erstand der Erdkunde in Alexander von Humboldt der Mann, welcher die Eigenschaften eines Gelehrten und wissenschaftlichen Reisenden zum ersten Mal in vollendeter Weise verband, und in dem sich die Voraussetzungen der Beherrschung grundlegender Disciplinen, sowie der Befähigung zum Gebrauch der exaktesten Instrumente und der Anwendung der besten Untersuchungsmethoden seiner Zeit mit nüchterner Beobachtung, Begeisterung für die Natur und schöpferischer Geisteskraft vereinigten. Ihm war es vorbehalten, die Erdkunde, nachdem das Lehrgebäude von Varenius fast nutzlos verhallt war, als Naturwissenschaft zu begründen. Seine amerikanische Reise fällt in die Jahre 1799 bis 1804. Dreihundert Jahre nach der Auffindung der Neuen Welt hat er sie für die Wissenschaft neu entdeckt. Er is das Vorbild für die wissenschaftlichen Forschungsreisenden und durch seine Leistungen selbst eine Triebkraft hohen Ranges

sance de la Terre, se leva en Alexandre von Humboldt l'homme qui associait pour la première fois, de manière complète, les attributs d'un savant et d'un voyageur scientifique, l'homme dans lequel s'unissaient les principes de l'impératif de discipline fondamentale, de la capacité pour l'emploi des instruments les plus exacts et de l'application des meilleures méthodes de recherche de son temps, à l'observation calme, à l'enthousiasme pour la nature et à la puissance intellectuelle créatrice. Alors que le système de Varenius était presque inutilement supprimé, c'est à lui qu'il était réservé de fonder la géographie comme science naturelle. Son voyage en Amérique eut lieu de 1799 à 1804. Trois cents ans après la découverte du nouveau monde, il le découvrit de nouveau pour la science. Il est le modèle pour les explorateurs scientifiques, et par son œuvre même il est devenu une puissance motrice de haut rang. Son but était, non seulement d'observer les phénomènes pour eux-mêmes, mais aussi, comme il l'exprimait souvent, de sonder leur connexion causale. C'est par la réussite brillante de cet effort conscient qu'il a avancé la science de la Terre en général et dans toutes ses parties. Les formes du sol, la structure externe et interne des montagnes, la nature de leur disposition, l'allure des lignes de côtes, les conditions thermiques de l'atmosphère en direction horizontale et verticale, leurs relations avec la répartition des plantes et des formations végétales, les forces du magnétisme terrestre et de la cha-

---

geworden. Sein Ziel war es, nicht nur die Erscheinungen für sich zu beobachten, sondern, wie er es wiederholt ausspricht, auch ihren ursächlichen Zusammenhang zu ergründen. Es ist die glänzende Erreichung dieses bewussten Strebens, wodurch er die Wissenschaft von der Erde im allgemeinen und in allen ihren Teilen gefördert hat. Die Bodenformen, der äussere und innere Bau der Gebirge, die Art ihrer Anordnung, der Verlauf der Küstenlinien, die thermischen Verhältnisse der Atmosphäre in horizontaler und vertikaler Richtung, ihre Beziehungen zur Verbreitung der Pflanzenarten und Vegetationsformationen, die Kräfte des Erdmagnetismus und der inneren Erdwärme, sowie die Äusserung der letzteren in der Tätigkeit der Vulkane — dies sind einige der Probleme, welche ihn vorwaltend beschäftigen; aber sein Interesse galt auch den Beziehungen der Umgebung und der Weltlage zur Verbreitung der Menschen, zu ihren Wohnsitzen und ihrem Verkehr. Mit bemerkenswertem Sinn für Philologie, vergleichende Sprachwissenschaft und historische Literatur hat er ausserdem zum ersten Mal in echt wissenschaftlichem Geist die Geschichte der Geographie und der Entdeckungen als Ergebnis tiefer Studien geistvoll bearbeitet. . . . . . .

» Trotz der seitdem gewonnenen ausserordentlich grossen Fortschritte und der gegenwärtigen Arbeitsteilung entspricht doch die Wissenschaft von der Erde als Gesamtheit am Ende des neunzehnten Jahrhunderts inhaltlich und methodisch nahezu dem Begriff, den Humboldt ihr gegeben hat. »

VON RICHTHOFEN, Mémoire cité. (*Zeitschr. d. Ges. f. Erdk. z. Berlin*, 1903, Heft n° 9, pp. 672, 673, 674.

leur interne, aussi bien que la manifestation de celle-ci dans l'activité des volcans — tels sont quelques-uns des problèmes qui l'occupent de manière prédominante. Mais son intérêt se tourna aussi vers les influences du milieu et de la situation mondiale sur la répartition des hommes, sur leurs lieux d'habitat et leurs relations. C'est avec un sens remarquable pour la philologie, la linguistique comparée et la littérature historique qu'il a, en outre, comme résultat de ses profondes études, génialement traité l'histoire de la géographie et des découvertes dans un esprit pour la première fois véritablement scientifique.

. . . .

» Malgré les progrès extraordinairement grands accomplis depuis et malgré la division actuelle du travail, la science de la Terre, dans son ensemble à la fin du XIXe siècle, correspond en substance et en méthode à la compréhension que lui a donnée Humboldt. »

Ritter. — (1) « Au commencement du XIXe siècle, la géographie

---

(1) *Texte allemand :* « ... Noch im Anfang des neunzehnten Jahrhunderts war die Länderkunde ein nach äusserlichen Merkmalen angeordnetes Mosaik. Karl Ritter hat das hohe Verdienst, sie in dem bändereichen Hauptwerk seines Lebens nach zwei Richtungen über den kompilatorischen Standpunkt erhoben zu haben; einerseits methodisch, durch lückenlose Quellenbenutzung, sorgfältige Quellenangabe und umsichtige Quellenkritik; andererseits inhaltlich, durch philosophische Behandlung, indem er stets den ursächlichen Beziehungen zwischen Boden und Menschengeschichte nachging. In seinen akademischen Schriften suchte er seinen Anschauungen darüber allgemein gültige Fassung zu geben und Gesetzmässigkeiten abzuleiten. Auch strebte er, zum Teil mit Erfolg, aus der beschreibenden Geographie das unwesentliche Beiwerk auszuscheiden, mit dem die Encyklopädien seit Sebastian Münster angefüllt geblieben waren. Ritters Hauptwerk ist ein Torso geblieben. Er selbst musste erkennen, dass sein Versuch, die ganze Erdoberfläche in dem vom ihm angestrebten Sinn in wissenschaftlichem Geist darzustellen, schon zu seiner Zeit für den Einzelnen eine übermenschliche Aufgabe war. Und doch war diese gering im Verhältnis zu der Grösse, welche sie innerhalb der von ihm gesteckten Grenzen heute haben würde. Aber noch weit darüber hinaus würde sie dadurch wachsen, dass Ritter die Grenzen zu eng setzte, indem er es versäumte, in der von Humboldt vorgezeichneten Art den ursächlichen Bedingungen der wechselvollen Natur der einzelnen Erdräume nachzugehen. Die Wahrheit seines eigenen Wahlspruchs « Willst du ins Unendliche schreiten, geh nur im Endlichen nach allen Seiten » zeigte sich in der weiteren Entwickelung. Es war Ritter nicht gelungen, eine Schule von Geographen heranzubilden, welche in den Bahnen seiner geistvollen Auffassung fortgeschritten wären. Schon zu seinen Lebzeiten sank die beschreibende Geographie wieder zu einer wohlgeordneten Kompilation herab und wurde eine Dienerin der Geschichte und Statistik. Zu höherer Ausbildung konnte sie nur durch Teilung der Aufgaben und der Arbeit gelangen. Und dafür wirkte der allgemeine Aufschwung der Naturwissenschaften. »

von Richthofen : Mémoire cité. (*Zeitschr. d. Ges. f. Erdk. z. Berlin*, 1903, Heft n° 9, pp. 677 et 678.)

(Länderkunde) était encore une mosaïque ordonnée par les caractères extérieurs. Karl Ritter a le haut mérite de l'avoir, dans le volumineux chef-d'œuvre de sa vie, élevé suivant deux directions au-dessus du point de vue de la compilation ; d'une part, méthodiquement par l'utilisation sans lacune, l'indication attentive et la prudente critique des sources ; d'autre part, en substance par une considération philosophique dans laquelle il suivit les relations causales entre le sol et l'histoire de l'homme. Dans ses écrits académiques, il cherchait à donner à ses vues sur ce sujet une forme en général de valeur (valable) et à déduire des lois. Aussi s'efforça-t-il, en partie avec succès, d'extirper de la géographie descriptive l'accessoire superflu dont, depuis Sébastien Münster, les encyclopédies étaient restées remplies. Le chef-d'œuvre de Ritter est resté un torse (inachevé). Lui-même dut reconnaître que son essai de décrire en un esprit scientifique la surface terrestre entière, dans le sens projeté par lui, était déjà de son temps une tâche surhumaine pour un individu. Et cependant cette tâche était peu en rapport avec la grandeur qu'elle aurait aujourd'hui à l'intérieur des limites tracées par lui. Et elle croîtrait encore bien loin au delà par le fait que Ritter posa trop étroitement les limites, en cela qu'il négligea de rechercher, de la façon tracée par Humboldt, les conditions causales de la nature essentiellement changeante de la surface terrestre. La vérité de sa propre devise : « Veux-tu marcher dans l'infini, va donc dans le fini de tous les côtés », se fit voir dans le développement ultérieur. Ritter ne réussit pas à former une école de géographes qui eussent continué dans la voie de son ingénieuse conception. Déjà pendant sa vie, la géographie descriptive retomba au niveau d'une compilation bien ordonnée et devint une servante de l'histoire et de la statistique. Elle ne pouvait atteindre à une plus haute culture que par la division des tâches et du travail. Et pour cela la progression générale des sciences naturelles était effective. »

Richthofen est donc bien le continuateur du grand naturaliste que fut Humboldt, il est bien le représentant le plus fidèle de l'école géographique naturaliste. Mais dans les lignes qui précèdent, rend-il bien toute justice à Karl Ritter, le profond penseur auquel, contrairement aux paroles citées plus haut, nous pouvons rattacher des noms célèbres ? Si Humboldt produisit Richthofen, c'est à Ritter que nous devons Reclus et aussi Ratzel.

Si Reclus et Ratzel dépassèrent Karl Ritter, ce n'est point directement par la conception, mais en plus grande partie par les moyens que le siècle, plus avancé, a mis à leur disposition. Reclus et Ratzel, vivant

à l'époque de Ritter, eussent-ils donné ce qu'ils durent au fondateur de la géographie comparée, au précurseur de l'anthropogéographie? De même Richthofen eut à sa disposition des éléments qui manquaient à Humboldt. C'est ce que M. Drygalski exprime fort bien en disant que si Richthofen est bien le continuateur de Humboldt, il y a entre eux une grande différence. Au temps de Humboldt manquaient des éléments positifs d'observation. Richthofen se trouvait davantage sur ce terrain. Les sources auxquelles il pouvait puiser étaient plus abondantes et plus sûres, quoique s'écoulant sur les mêmes assises. Voici ces très élogieuses paroles de M. von Drygalski (1) :

« Il y a plein droit à désigner ces deux hommes comme créateurs de notre géographie d'aujourd'hui, seulement Humboldt a davantage vécu l'idée, Richthofen a davantage vécu les faits, et pour cela a apporté une plus longue durée. Car les théories viennent et s'en vont, les faits restent. Certainement la différence tient aussi à l'époque. A Humboldt manquaient des ressources et des méthodes que Richthofen avait; cependant celui-ci a aussi produit plus durablement là où ses moyens d'investigation sont aujourd'hui déjà surpassés, par exemple en pétrographie. Ainsi la différence entre ces personnalités s'établit plus substantiellement. Richthofen a pénétré en profondeur jusqu'aux fondements, Humboldt a aussi exercé une influence étendue à laquelle la splendeur extérieure de sa production a soumis les cercles les plus vastes. Humboldt a conçu un orgueilleux édifice, Richthofen l'a fondé. »

Karl Ritter dirigea toutes les forces de son esprit vers la découverte des relations réciproques entre la Terre et tous les organismes qui la peuplent. En cherchant à discerner les fonctions de la Terre considérée sous tous ses rapports, il jeta les fondements d'une véritable phy-

---

(1) *Texte allemand :* « Es hat daher seine volle Berechtigung, diese beiden Männer als die Schöpfer unserer heutigen Geographie zu bezeichnen, nur hat Humboldt mehr der Idee, Richthofen mehr den Tatsachen gelebt und darum Dauernderes geschaffen. Denn Theorien kommen und gehen, Tatsachen bleiben. Gewiss lag der Unterschied auch an der Zeit. Humboldt fehlten Hilfsmittel und Methoden, welche Richthofen hatte; indessen hat dieser auch da nachhaltiger gewirkt, wo seine Forschungsmittel heute schon überholt sind, wie z. B. in der Petrographie. So war der Unterschied wesentlicher in den Persönlichkeiten begründet. Richthofen ist nach der Tiefe bis zu den Fundamenten gedrungen. Humboldt hat auch weit nach aussen gewirkt, wobei der äussere Glanz seiner Darstellung die weitesten Kreise gefesselt. Humboldt hat ein stolzes Gebäude hingestellt, Richthofen hat es fundiert. »

E. VON DRYGALSKI, Mémoire cité. (*Zeitschr. d. Ges. f. Erdk z. Berlin*, 1905, Heft n° 9.)

siologie de la planète. Et sa géographie n'est jamais uniquement descriptive. C'est Ritter qui a prouvé l'indissoluble interdépendance de toutes les parties de la géographie, c'est lui qui a placé la *géographie politique* et la *géographie physique* dans leurs justes rapports.

Si à la fin de sa carrière Ritter a vu retomber sa géographie comparée au niveau d'une simple connaissance descriptive au service de l'histoire et de la statistique, que l'on veuille considérer le réveil de cette géographie comparée sous le nom récent de *Géographie générale*. Et dans ce réveil, nous voyons l'influence de Reclus, élève de Ritter, et celle de Ratzel, nourri des travaux de Ritter.

Reclus, le savant géographe-historien par excellence, affirma et développa ses conceptions géographiques par la publication d'un travail gigantesque dont le début fut une étude de géographie physique remarquable pour l'époque à laquelle elle vit le jour et dont la fin est une conclusion anthropogéographique. Il est vrai que dans sa *Géographie universelle* avant tout descriptive, la part de la géologie, des sciences naturelles, de l'ethnologie même est moindre que chez Ritter et surtout que chez Humboldt. Mais aussi, quel merveilleux descripteur de la Terre fut-il!

Combien de fois Reclus n'a-t-il pas déploré de n'être point mathématicien et naturaliste! Que de fois ne m'a-t-il point fait part de sa profonde souffrance de ne pouvoir mener de front l'étude de l'histoire et celle des sciences exactes et naturelles! Et nous verrons bientôt combien Reclus était convaincu de la pénétration mutuelle et intime de tous les phénomènes de la vie terrestre; commençant son œuvre par une introduction physique, naturelle, il l'argumente par une longue, minutieuse et fidèle description objective de la surface terrestre, et il la termine en suivant l'homme à travers le déroulement des siècles.

Par la méthode historique, Reclus veut arriver à prouver ce que d'autres cherchent à démontrer par la voie des sciences biologiques : la puissance du milieu géographique. Comme Ritter, il croit à l'interdépendance de l'homme et de la Terre.

La science de Reclus est bien l'anthropogéographie, la géographie humaine.

L'esprit de Reclus avait des tendances différentes de son savoir. Son savoir s'était spécialisé par la force même des nécessités de l'étude. Son esprit jamais ne se spécialisa; c'est ce qui fait sa grandeur.

C'est aussi de Ritter qu'aimait à se prévaloir Friedrich Ratzel, assurément le plus grand des géographes, le créateur de l'école de socio-

logie géographique. Ratzel, d'une part, par la méditation des travaux de Ritter et aussi des autres esprits qui avaient émis, même avant Ritter, des idées de géographie humaine, — Montesquieu, Rousseau, Herder le précurseur de Ritter, Humboldt, Kohl et d'autres, — d'autre part, par l'étude des sciences naturelles, a procédé de tous ses devanciers : physiciens, naturalistes, historiens.

« Sur Ritter j'ai, en l'*Anthropogéographie* (1882-1891), bâti plus largement et par là j'ai cherché à restituer à la géographie son influence justifiée en ethnologie, sociologie et histoire; j'ai cherché à ce que la tâche anthropogéographique soit considérée dans l'esprit d'une biogéographie générale. Comme conclusion à cela fut fait, à la fin de 1898, l'essai de regagner à la géographie scientifique la *géographie politique* décriée comme non scientifique et non viable (1). »

« Ratzel a, en vérité, renouvelé la manière de comprendre l'humanité et l'activité humaine comme faits géographiques (2). » On a très justement dit de lui qu'il retrempa Ritter dans le naturalisme contemporain (3). Un de ceux qui ont le mieux caractérisé cet esprit disparu prématurément, en pleine vigueur et en pleine élaboration d'une riche sève, est M. Hassert-Tübingen :

« Mais aussi peu Ratzel conçoit-il la géographie comme une science naturelle dans le sens habituel, aussi peu y voit-il une simple dépendance de l'histoire qu'elle était devenue par Ritter et ses élèves (4); ceux-ci plaçaient l'homme trop fort et unilatéralement au premier plan des considérations géographiques. Il montre plutôt énergiquement que

---

(1) *Texte allemand :* « Auf Ritter habe ich in den *Anthropogeographie* (1882 und 1891) weiter gebaut und der Geographie ihren berechtigten Einfluss in Völkerkunde, Soziologie und Geschichte dadurch wiederzugewinnen gesucht, dass die anthropogeographische Aufgabe im Geist einer allgemeinen Biogeographie behandelt wurde. Im Anschluss hieran wurde endlich 1898 der Versuch gemacht, die als unwissenschaftlich und unbelebbar verschrieene *politische Geographie* der wissenschaftlichen zurückzugewinnen. »

F. Ratzel, *Die Erde und das Leben*, 1901, vol. I, pp. 50-51.

(2) J. Brunhes, *Friedrich Ratzel.* (*La Géographie*, août 1904, p. 103.)

(3) « Rétablir dans la géographie l'élément humain, dont les titres semblaient oubliés, et reconstituer l'unité de la science géographique sur la base de la nature et de la vie, tel est sommairement le plan de son œuvre (de Ratzel). Il renouait ainsi la tradition de K. Ritter, mais en la renouvelant, en la retrempant aux sources nouvelles du naturalisme contemporain. L'ampleur de ses vues, la tournure philosophique de son esprit le rendaient propre à ce rôle d'initiateur. »

P. Vidal de la Blache, *Friedrich Ratzel.* (*Ann. de Géographie*, nov. 1904, p. 467.)

(4) Cette proposition relative eût été avec avantage supprimée, car Ritter et plusieurs de ses élèves, notamment Reclus, ne peuvent être soupçonnés de vouloir faire jouer à la science qu'ils spécialisèrent le rôle d'*ancilla historiae.*

le but le plus proche de la géographie devrait être la description et la reconnaissance de la surface terrestre, qu'il devrait être de pouvoir alors en premier lieu, aux limites de son domaine, tendre la main à l'histoire afin d'être, comme anthropogéographie, une application de la géographie à l'histoire et afin d'aider à éclaircir les phénomènes historiques (1). »

Karl Ritter reste donc le créateur de la géographie comparée, l'initiateur de notre moderne anthropogéographie.

Alexandre von Humboldt conçut l'architecture de la physique générale du globe. A la fois astronome, physicien, chimiste, botaniste, zoologiste, géologue, il donna à l'humanité un édifice impérissable. Richthofen a élu domicile dans ce monument même, l'a consolidé, l'a confortablement décoré et meublé, grâce à sa puissance d'observation et d'assimilation. A la différence de Peschel, il n'a point restreint les limites de la géographie à la morphologie terrestre. Il se différencie non moins nettement de Kirschoff, qui n'accorde le nom de science à la géographie qu'en tant qu'elle ne recherche que les causes qui président aux phénomènes. Pour Kirschoff, la tâche de la géographie moderne est avant tout de déterminer ses frontières d'avec les autres sciences et conformément à cela de décrire la formation de la surface de la Terre et d'éclaircir les rapports entre elle et ses habitants végétaux, animaux et humains. La connaissance des États (Staatenkunde), la connaissance des organisations (Verfassungskunde) n'appartiennent partant pas à la géographie, et le contenu varié des innombrables livres sur la connaissance des « pays » (Heimatkunde) n'a que fort peu affaire avec la géographie. En somme, Kirschoff considère la géographie non comme une science sociale, mais comme une science naturelle qui, seulement, comporte en soi un moment historique (2). Il unit indissolublement la géographie physique à la géologie.

---

(1) *Texte allemand* : .. So wenig aber Ratzel die Erdkunde als eine Naturwissenschaft im üblichen Sinne auffasst, ebenso wenig sieht er in ihr ein blosses Anhängsel der Geschichte, das sie durch Ritter und seine Schüler geworden war, die den Menschen zu stark und einseitig in den Vordergrund geographischer Betrachtungen stellten. Vielmehr betont er nachdrücklich, dass das nächste Ziel der Geographie die Beschreibung und Erkenntnis der Erdoberfläche sein müsse und dass sie erst dann an der Grenze ihres Gebietes der Geschichte die Hand reichen dürfe, um als Anthropogeographie eine Nutzanwendung der Erdkunde auf die Geschichte zu sein und geschichtliche Erscheinungen erklären zu helfen. »

K. HASSERT-TÜBINGEN, *Friedrich Ratzel*. (*Pet. Mitt.*, nov. 1901, *Geogr. Anz.*)

(2) V. *Der Deutsche Schulmann*, V, Heft 3. Confér. de KIRCHHOFF à Halle a. S., *Was ist moderne Erdkunde?*

Richthofen s'écarte donc de cette interprétation professée par un autre disciple de son maître. Il considère les connaissances géographiques d'un point de vue plus philosophique. Au début de cet article, j'ai eu l'occasion de citer quelques-unes de ses paroles touchant notamment l'œuvre de Suess. Ces paroles montrent déjà bien qu'il n'a point étudié et pratiqué une science particulière, la géologie, pour l'amour exclusif de cette science.

« Mon étude, dit-il en juin 1900, était la géologie. De bonne heure je me posai son usage pratique sur les massifs montagneux des pays natals et étrangers comme but de la recherche. L'effort pour saisir l'ensemble des phénomènes qui se trouvent au fond de la réalité et des transformations naturelles de l'étendue terrestre explorée par moi me conduisit à la géographie physique et en particulier à sa branche la plus importante, à la géomorphologie (1). »

Richthofen a une compréhension toute humboldienne de la géographie générale. Il l'expose fort bien dans le discours universitaire que j'ai cité plus haut. Je lui laisse la parole :

(2) « Résumons : nous voyons comment le large domaine d'investi-

---

(1) *Texte allemand :* « Mein Studium war die Geologie. Ihre praktische Anwendung auf den Gebirgsbau heimischer und fremder Länder stellte ich mir früh als Ziel der Forschung. Das Streben, die Gesamtheit der Erscheinungen zu erfassen, welche dem Wesen und den natürlichen Veränderungen der von mir untersuchten Erdräume zu grunde liegen, führte mich zu physischen Geographie, und insbesondere zu deren wichtigsten Zweig, der Geomorphologie. »

F. VON RICHTHOFEN, 29 juin 1900. *Antrittsrede vor der Akademie der Wissenschaften zu Berlin.*

(2) *Texte allemand :* « Fassen wir zusammen, so sehen wir, wie der weite Forschungsbereich der Erdkunde, als der Summe der Wissenschaften von der Erde, trotz der Wandelungen in der Zwischenzeit, sich im wesentlichen wieder zusammenschliesst zu dem, was Humboldt in seinen gegenseitigen Kausalbeziehungen zu ergründen strebte und auch grossenteils einheitlich zusammenzufassen vermochte ; wie aber das überwältigende Anwachsen des Stoffes und die Mannigfaltigkeit der sich darbietenden Gesichtspunkte das zunehmende Bedürfnis nach Arbeitsteilung und ein fortschreitendes Auseinandergehen in einzelne Disziplinen zur Folge gehabt haben, welche sich weniger nach dem Objekt selbst, als nach den Zielpunkten der Betrachtung desselben und nach den Grundlagen, auf die diese sich stützt, unterscheiden. Alle werden zusammengehalten durch die Beziehungen ihres Forschungsgebietes zur Erdoberfläche, als dem Platz, von dem alle Beobachtungen ausgehen. Die grossen Abteilungen sind : die kosmische Erdkunde, welche den Erdkörper als Ganzes zum Gegenstand hat, und die Erdoberflächenkunde, welche die Erdrinde und die Aussenseite des Planeten untersucht. Die Aufgaben der kosmischen Erdkunde sind einerseits die Bestimmung der Figur der Erde durch Erdmessung, andererseits die Untersuchung der physikalischen Verhältnisse des Erdganzen in bezug auf Wärme, Dichte, Aggregat-

gation de la connaissance de la Terre en tant que somme des sciences de la Terre, malgré des oscillations qui se produisirent dans l'intervalle, se réincorpore à ce que Humboldt s'efforça de sonder dans ses relations réciproques de causalité et à ce qu'il fut capable aussi de réunir en grande partie; nous voyons, par contre, comment l'augmentation accablante de la matière et la diversité des points de vue se présentant ont eu comme conséquence la nécessité croissante d'une division du travail et la dislocation progressive en disciplines singulières qui se différencient moins d'après l'objet même que d'après les fins de leurs propres considérations et les bases sur lesquelles elles se fondent. Toutes sont maintenues ensemble par les relations de leur domaine d'investigation avec la surface terrestre en tant que lieu dont toutes les observations émanent. Les grandes divisions sont : la *géographie cosmique*, qui a pour objet le corps terrestre dans son ensemble, et la *géographie proprement dite* (connaissance de la surface de la Terre), qui explore la croûte terrestre et la superficie de la planète. Les tâches de la géographie cosmique sont, d'une part, la détermination de la figure de la Terre par la mesure de la Terre, d'autre part, la recherche des conditions physiques du globe par rapport à la chaleur, à la densité, à l'état d'agrégation, à la répartition de la matière, au magnétisme et à l'influence de l'attraction cosmique. Ces dernières tâches incombent à la géophysique. Dans la connaissance de la surface de la

---

zustand, Stoffverteilung, Magnetismus und Beeinflussung durch kosmische Attraktion. Diese letzteren Aufgaben fallen der Geophysik zu. In die Erdoberflächenkunde teilen sich die Geologie, welche von der Erdrinde ausgeht, und die physische Geographie, welcher die durch die Aussenfläche des Festen begrenzten Formgebilde, der Ozean und die Bodenschicht des Luftmeeres in ihren Zuständen und Bewegungen, sowie die im Kreislauf des Wassers ausgeübten mechanischen Wirkungen zufallen. Sie strebt in der Geomorphologie das Zusammenwirken und Ineinandergreifen dieses grossen Bereiches von Erscheinungen zu erforschen und gelangt dadurch zur Erkenntnis des Schauplatzes, an den die Lebewesen und die menschliche Existenz gebunden sind. Sie bedient sich dabei der durch die Ergebnisse von Geologie, Meteorologie, Physik des Meeres und Hydromechanic gebotenen Grundlagen.

» Alle Wissenschaften von der Erde finden daher ein Vereinigungsgebiet in der physischen Geographie, als der Disziplin, welche die Erdoberfläche selbst zum fundamentalen Gegenstand ihrer Behandlung hat und dadurch mehr als jeder andere Zweig der Erdkunde Berührungen nach allen Richtungen darbietet. Es erwächst ihr daraus manche Schwierigkeit, aber auch der Vorteil des Lebensvollen ihrer Probleme und ihres Betriebes. Denn einerseits fusst sie mit ihren Wurzeln im Kosmos, andererseits berührt sie sich in ihren Zweigen mit der organischen Welt, mit dem Menschen, und durch diesen mit dem Bereich der Geisteswissenschaften. »

VON RICHTHOFEN, Mémoire cité, pp. 689-690.

Terre se répartissent la géologie, qui émane de la croûte terrestre, et la géographie physique, à laquelle incombe la représentation des formes délimitées par la surface externe du sol, l'Océan et l'atmosphère dans leurs états et leurs mouvements, aussi bien que les actions mécaniques exercées dans le circuit de l'eau. L'étude de la surface de la Terre s'efforce par la géomorphologie de rechercher la coopération et la pénétration intime des phénomènes de ce grand domaine et parvient par là à la connaissance du théâtre auquel la vie et l'existence de l'homme sont liées. Elle se sert pour cela des bases offertes par la géologie, par la météorologie, par la physique marine (Océanographie) et par l'hydromécanique.

» Toutes les sciences de la Terre trouvent, par conséquent, un terrain d'union dans la géographie physique en tant que discipline ayant la surface terrestre même comme objet fondamental de son exercice et offrant par là, plus que chaque autre branche de la géographie, des contacts dans toutes les directions. De là lui surgit mainte difficulté, mais aussi l'avantage de la vitalité de son problème et de son impulsion. C'est que d'un côté elle prend pied par la racine dans le cosmos, d'un autre côté par ses embranchements elle touche au monde organique, à l'homme, et par celui-ci au domaine des sciences spéculatives. »

Il dit aussi :

(1) « Le fondement pour le développement méthodique d'une anthropogéographie, comme elle est apparue dans l'opportune conception des idées rittériennes, peut être établi seulement par le fait que le sol sur lequel l'homme est placé et la nature du milieu dans lequel il vit seront ouverts par l'investigation scientifique de la connaissance. L'anthropologie et l'ethnologie qui de leur côté sont entrées avec

---

(1) *Texte allemand :* « . . Denn nur dadurch, dass der Boden, auf den der Mensch gestellt is, und die Natur der Umgebung, in der er lebt, durch wissenschaftliche Forschung der Erkenntnis erschlossen werden, kann der Grund gelegt werden für die methodische Entwickelung einer Anthropogeographie, wie sie in zeitgemässer Fortbildung Ritter'scher Ideen entstanden ist. Die Anthropologie und Ethnologie, welche ihrerseits auch erfolgreich in das Streben nach wissenschaftlicher Methode eingetreten sind, kommen ihr entgegen. Die schönen und anziehenden Aufgaben, welche sich aus dieser Berührung bieten, erhalten bereits manche versprechende Pflege. Es sind besonders die Verkettungen von Siedelung, Verkehr, Produktion und Handel mit den durch die Geographie erforschten natürlichen Bedingungen, welche, im Anschluss an Teile der schnell zu reicher Entfaltung, gelangten Volkswirtschaftslehre, erfolgverheissende Gesichtspunkte darbieten »

von Richthofen, Mémoire cité, p. 688.

beaucoup d'effet dans la recherche d'une méthode scientifique, viennent à sa rencontre. Les beaux et attirants problèmes qui naissent de ce contact comportent déjà maintes cultures pleines de promesses. Ce sont en particulier les enchaînements d' « établissement », de trafic, de production et de commerce avec les conditions naturelles explorées par la géographie qui, conjointement à des parties de l'économie politique arrivées tôt à un riche développement, offrent des points de vue promettant des résultats. »

Dans le sens moderne du mot, Richthofen fut un géographe-physicien accompli. J'ai aimé montrer par ses paroles mêmes le caractère de ses tendances. C'est bien conformément à cette synthèse qu'il a aidé au développement de la géographie physique. Nourri du « cosmos », il l'a modernisé. Ses explorations, ses écrits, son enseignement le placent au premier rang des esprits producteurs de la seconde moitié du XIXe siècle. Son influence s'exerça dans le domaine international de la science et se manifesta surtout très puissamment en Allemagne sous de multiples aspects : scientifique, politique et économique.

L'Allemagne fut le berceau de la géographie moderne. Jusqu'à présent, elle est restée le pays où cette science est le plus cultivée. La série ouverte par Humboldt et par Ritter s'est continuée par Peschel, Wappaeus, Wagner, Kiepert, Kirschoff, von Richthofen, Ratzel et tant d'autres. Sans erreur, nous pourrions ajouter à ces noms ceux de Hann, de Suess, de Penck, professeurs autrichiens il est vrai, mais unités puissantes de la science allemande.

Il est hors de doute que la culture géographique intense est un des facteurs les plus efficients du grand développement économique et politique de l'Allemagne. Sous ce point de vue, Richthofen est un exemple parfait de « patriotisme éclairé ». Il mit son énergie et son savoir au service entier de son pays. Qu'il fût en Chine, en Californie ou à Berlin, toujours son ultime souci était l'augmentation de la force nationale à l'intérieur autant qu'à l'extérieur. Que l'Allemagne soit grandissante dans le « Strömung der Zeit »!

J'ai eu l'occasion déjà d'attirer l'attention sur la préoccupation qui l'avait agité lors de son séjour en Chine. C'est à Richthofen que l'Allemagne doit sa place et toute son action en Extrême-Orient.

Lorsque les voies de communication auront pénétré l'Empire du Milieu, l'excellence économique de la position de Kiao-Tsheu ne le cédera en rien à la puissance militaire de sa situation. C'est à travers le prisme original de ses connaissances géographiques que Richthofen considérait le mouvement économique et politique du monde. Aucune

question où l'Allemagne était engagée ne le laissait indifférent, et en ces derniers temps il suivait avec un intérêt croissant les événements internationaux soulevés à propos du Maroc.

Ratzel, disparu avant lui, aspirait aussi à cette grandeur de l'Allemagne.

Mais ne sommes-nous pas en droit de regretter que la puissance intellectuelle de l'Allemagne moderne, puissance que partout l'on admire, ne soit pas encore assez forte et assez indépendante pour se dégager de certaines tendances auxquelles elle paraît actuellement asservie?

Ne sommes-nous pas en droit d'attendre de l'intellectualité allemande les efforts les plus tendus vers l'harmonie et l'unification générale, vers l'internationalisation de la pensée humaine? A ce dernier point de vue, l'esprit d'Élisée Reclus laissera un souvenir ineffaçable. Sa mémoire restera auréolée d'une lueur de paix et de respect. Du sillon qu'il a approfondi de son soc se lèvera tôt ou tard une génération consciente de la pensée du monde.

Personnifiant l'esprit allemand et incarnant les tendances de son temps, Ferdinand von Richthofen servit son pays par la science. Il fut par excellence l'Allemand de la fin du XIXe siècle. Travailleur infatigable, observateur profond et sagace, savant discipliné, il a bon droit à l'admiration de ses contemporains et à la place d'honneur que lui réserve l'histoire des sciences.

JEAN BERTRAND.

Bruxelles, novembre 1905.

TRADUCTIONS ET REPRODUCTIONS
DE LA
SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE, DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE
BRUXELLES
TOME XIX — ANNÉE 1905

LES EAUX SOUTERRAINES
DU
TUNNEL DU SIMPLON

PAR

H. SCHARDT
Professeur de Géologie.

(Extrait de *La Géographie* du 15 février 1905.) (1)

Le vendredi 24 février 1905, à 7 heures du matin, les deux galeries Nord et Sud du tunnel du Simplon ont été enfin rejointes. Malgré tous les déboires et toutes les surprises de l'an passé, voici enfin percé cet énorme tunnel de 19 730 mètres en ligne droite. Au moment même où s'achève ce grandiose travail, *La Géographie* a demandé l'étude qu'on va lire à M. le professeur H. Schardt, géologue officiel, délégué aux travaux du percement du Simplon, qui depuis le commencement des travaux (au mois d'août 1898) a visité régulièrement la galerie Nord une fois par quinzaine et la galerie Sud une fois par mois, et qui a consigné toutes ses observations minutieuses, faites depuis cinq années, dans des rapports spéciaux, remis tous les trimestres au Conseil fédéral suisse.

Introduction.

Le massif du Simplon est composé de trois régions nettement distinctes. Sur le versant Nord se trouve la zone des schistes lustrés, qui atteint, sur le profil du tunnel, une largeur d'environ 4 kilomètres. Les montagnes constituées par ces terrains argilo-calcaires s'élèvent à plus de 2 000 mètres d'altitude. Les schistes lustrés sont, dans leur majeure

(1) Les clichés de cet article ont été obligeamment prêtés par *La Géographie*, de Paris.

partie, certainement d'âge jurassique et forment toute une série de replis écrasés, presque verticaux, entre lesquels percent des roches triasiques (calcaire dolomitique, anhydrite, quartzites, etc.). La zone centrale, large d'une dizaine de kilomètres, contre laquelle s'appuient les schistes lustrés, est formée de schistes cristallins et de gneiss schisteux et œillés, souvent en gros bancs (gneiss du Monte Leone). Ils constituent des sommets dépassant 3 000 mètres. Des intercalations de schistes calcaires, souvent grenatifères, de marbres et de calcaires dolomitiques avec gypse et quartzites schisteux, doivent être considérées comme étant des équivalents, plus métamorphiques, des schistes lustrés jurassiques et des terrains triasiques qui les accompagnent. Les alternances, presque concordantes, du gneiss et des roches en question doivent donc être expliquées par des replis écrasés et étirés, bien que tous ces terrains paraissent dessiner une

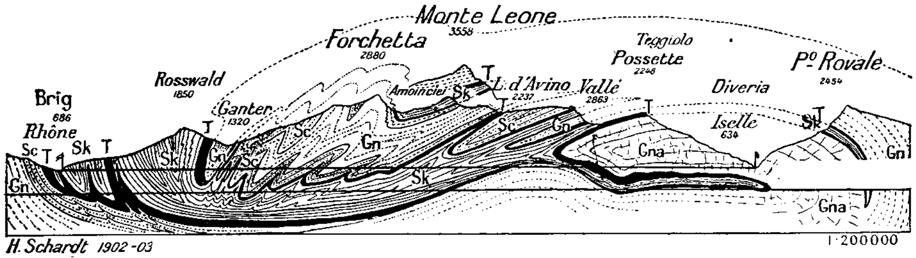


Fig. 1. — Profil géologique du massif du Simplon, par H. Schardt (1902-1903).

Échelle : 1 200 000e.

Sk. *Formation des schistes lustrés.* — Schistes argileux ou calcarifères. Schistes gris grenatifères, calcaires gris micacés et siliceux. *Jurassique*; — T. Calcaires dolomitiques, anhydrite, schistes chloriteux, arkose (quartzite). *Triasique;* — Sc. *Schistes cristallins.* Micaschistes souvent grenatifères, schistes amphiboliques, etc. *Paléozoïque? Trias?* — Gn. *Gneiss du Monte Leone.* Gneiss schisteux, gneiss œillé ou fibreux à deux micas en gros bancs. *Archéique;* — Gna. *Gneiss d'Antigorio.* Gneiss massif granitoïde. *Terrain primitif.*

gigantesque voûte se moulant autour de la troisième zone, celle du gneiss d'Antigorio, qui en formerait le noyau. Cette dernière zone se développe sur tout le versant Sud du massif; la vallée de la Diveria y est entaillée très profondément, dans la région d'Iselle. On trouvera les détails tectoniques et stratigraphiques sur le Simplon dans une notice récente de l'auteur de ces lignes (1). Contrairement à l'apparence, le centre du massif du Simplon, sous le Monte Leone, n'est pas formé de gneiss. Le gneiss d'Antigorio n'est pas davantage le noyau central du Simplon, comme on

(1) *Note sur le profil géologique et la technique du massif du Simplon*, in Eclogæ geologicæ Helvetiæ, t. VIII, p. 173, 1904.

l'a cru pendant longtemps, mais il forme avec les grandes lames de gneiss de la partie médiane toute une série de plis culbutés, dont il n'est que l'un des plus profonds. Ces plis plongent avec leur front dans le vaste bassin des schistes lustrés. En conséquence, le tunnel, passant à l'altitude moyenne de 750 mètres, devait rencontrer dans sa partie centrale ce substratum de terrains triasiques et de schistes lustrés; ce qui se produisit, en effet, du côté de l'attaque Nord-Ouest à 9 400 mètres et, à l'attaque Sud-Est, à 6 830 mètres.

Traversant un massif d'une structure aussi compliquée et constitué de terrains aussi variés, ce tunnel, long de près de 20 kilomètres, devait amener des faits hydrologiques aussi importants que souvent inattendus. Le but de cette notice est d'en donner un court aperçu, car une description détaillée prendrait l'extension d'un volumineux mémoire. Le percement du tunnel du Simplon se fait, pour des motifs techniques, au moyen de deux galeries d'avancement distantes de 17 mètres d'axe à axe, mais dont l'une est ordinairement de 100-150 mètres en avance sur l'autre. C'est dans celle-ci que se sont produites naturellement le plus de venues d'eau, recoupées souvent par la seconde galerie, ce qui ne constitue pas de nouvelles sources. L'attaque Nord-Ouest, partant à 2 445 mètres au Nord-Est de Brigue, dans la vallée du Rhône, a rencontré, jusqu'à 10 379 mètres, 142 sources différentes dans la galerie I et 93 dans la galerie II. Celle du Sud-Est, ouverte à 700 mètres à l'Est du hameau d'Iselle, dans la vallée de la Diveria, n'en a fait jaillir que 96 jusqu'au point de rencontre de la galerie I et 76 dans la galerie II; mais c'est de ce côté que se sont produites les plus volumineuses entrées d'eau, ayant, de plus, une relation directe avec les cours d'eau de la surface.

Toutes les sources rencontrées ont été jaugées aussi bien que possible, le plus souvent par simple estimation; leur température a été mesurée immédiatement, et pendant quelque temps encore. Leur eau a été examinée chimiquement d'une manière sommaire (par voie hydrotimétrique); quelques-unes ont été soumises à une analyse complète.

Modes de jaillissement des sources.

Le jaillissement des sources volumineuses a été presque toujours en relation avec des fissures, le plus souvent avec des failles. Les sources de délit, liées au contact de deux terrains de perméabilité différente, étaient, cependant, les plus nombreuses, quoique généralement de faible volume. Il en résulte que la circulation des eaux souterraines dans les grandes profondeurs est étroitement liée à l'état de fissuration des roches; ce fait ressort déjà à suffisance des gîtes métallifères qui sont l'œuvre des sources thermales et qui suivent presque exclusivement les lithoclases, ou rayonnent de celles-ci dans les délits des terrains adjacents. Les sources

les plus volumineuses sont issues presque sans exception de terrains solubles, des calcaires surtout. Plusieurs, et surtout les fortes venues d'eau, ont jailli avec une violence extrême par les joints du rocher, ou par les trous de la perforation.

Températures des sources et du rocher.

En étudiant la température des sources, on constate que les sources de faible volume n'ont généralement plus leur température réelle, même au moment de leur rencontre, en raison du refroidissement rapide des parois de la galerie par la puissante ventilation et par l'eau froide servant à actionner les perforatrices; beaucoup de ces sources se sont même refroidies considérablement ensuite. Les sources d'un débit de 10 litres-minute, ou plus, obéissaient moins rapidement à cette influence, et il a été constaté que leur température est, soit égale, soit un peu plus basse que celle du rocher. Sauf un groupe à proximité de la zone aquifère de l'attaque d'Iselle, dans une région refroidie par les grandes sources froides, on n'a pas rencontré de sources thermales dans le sens propre du mot. Cela ne doit pas surprendre, puisque le souterrain du Simplon traverse, dans sa partie centrale, la région profonde de circulation des eaux, où les eaux d'infiltration se chauffent et conséquemment tendent à refroidir l'écorce terrestre. Les observations thermiques constatent et corroborent cette déduction. En effet, la plus haute température souterraine ne s'est pas présentée au-dessous du plus haut point du profil, mais plus de 1 kilomètre au Nord-Ouest, dans une région où il n'y avait que peu ou point d'infiltrations d'eau. Dans la région sous le point culminant de la montagne, les infiltrations d'eau étaient, par contre, nombreuses et la température n'a pas cessé de descendre graduellement, alors que, normalement, elle aurait dû s'élever encore. L'abondance des infiltrations d'eau a presque toujours produit un ralentissement de la hausse de la température le long de l'avancement, ou même une légère baisse. Les fortes venues d'eau rencontrées entre 3 800 et 4 400 mètres de l'attaque d'Iselle sont, sous ce rapport, absolument démonstratives, puisque, dans une région où la température souterraine aurait dû avoir 35 à 37°, on n'a trouvé que 17°2 et plus tard 15°; les sources les plus froides n'ont elles-mêmes que 10-14°. Nous donnerons plus loin quelques détails sur ce problème spécial.

Composition chimique.

La nature chimique des eaux est toujours en accord avec la composition des roches traversées et le degré de minéralisation dépend, dans une certaine mesure, de la longueur du trajet accompli dans le milieu minéralisant, tout en obéissant, avant tout, au degré de solubilité des matières

empruntées aux roches et à leur abondance dans celles-ci. Dans la zone des schistes lustrés calcaires, le degré hydrotimétrique des eaux est de 25 35°; il tombe à 4-5° dans les schistes argileux. A l'approche des roches triasiques, il augmente rapidement par l'accroissement de la quantité de sulfate de chaux, pour s'élever jusqu'à 150°, en accord avec l'augmentation du poids des matières minérales trouvées par l'évaporation. Les eaux fortement gypseuses contiennent presque toujours moins de carbonate de chaux que les eaux calcaires ordinaires; il y a en outre une certaine proportion de sulfates alcalins. Les sels de magnésie ne sont que peu représentés. La région des schistes cristallins et du gneiss du Monte Leone a été fort peu aquifère dans la première partie, d'où résulte précisément la température souterraine extrêmement haute, constatée pendant la traversée de ces terrains. Les eaux d'infiltration étaient presque privées de sels terreux (degré hydrotimétrique : 0°5); mais elles contenaient jusqu'à 0.5 gramme de carbonates et de sulfates alcalins. A l'approche des terrains triasiques et jurassiques sous-jacents au gneiss du Monte Leone, le degré hydrotimétrique des sources s'est accru subitement jusqu'à 170°, pour baisser de nouveau, aussitôt rentré dans le gneiss. Dans la zone centrale des schistes calcaires et des calcaires cristallins, où a eu lieu la rencontre des deux galeries, toutes les sources sont fortement gypseuses [140-170° de dureté (1)] et contiennent au surplus beaucoup de sulfates alcalins. Les roches traversées ne contiennent cependant pas de gisements de gypse, puisque ce sont des calcaires micacés ou des micaschistes plus ou moins calcarifères. Il faut attribuer cette forte minéralisation au long parcours souterrain, car cette région, entre le kilomètre 9 du côté Nord et le kilomètre 5 du côté Sud, soit de plus de 5 kilomètres de longueur, se trouve verticalement entre 1 500 et 2 000 mètres au-dessous de la surface; le trajet dès la surface d'affleurement des terrains aquifères est de plus de 3 kilomètres. En se concentrant dans son mouvement de descente le long des délits et des lithoclases, et en s'échauffant en même temps, l'eau peut fort bien extraire les traces de sulfate de chaux contenues dans presque tous les calcaires et schistes calcaires. Mais il est plus probable que la décomposition de la pyrite, qui abonde dans ces roches, est la vraie cause de leur teneur en gypse. L'oxydation de la pyrite produit du sulfate ferreux, et, par double décomposition avec le bicarbonate de chaux de l'eau, il se forme du bicarbonate ferreux et du sulfate de chaux; tant que l'eau rencontre de la pyrite décomposée et du calcaire, cette réaction peut continuer indéfiniment, jusqu'à saturation de l'eau. L'origine des sulfates alcalins peut s'expliquer de la même manière par l'intervention des carbonates alcalins, résultat de la décomposition des feldspaths. La forte

(1) Dureté initiale qui a considérablement baissé depuis lors.

teneur en bicarbonate ferreux de toutes ces sources gypseuses, d'une part, et leur pauvreté en carbonate de chaux qui est bien au-dessous de la quantité normale d'une eau calcaire ordinaire, prouvent la réalité de notre hypothèse, puisque le sulfate de chaux se forme précisément au détriment du carbonate dissous.

Variations du volume.

Beaucoup de sources ont présenté au début un volume considérable et se sont réduites, plus tard, presque à l'état de simples suintements d'eau. D'autres, tout en se réduisant notablement, ont pris, au bout d'un certain temps, un débit constant. Presque toutes les sources de grand volume, au début, jaillissant avec une forte pression, se sont notablement réduites dans le cours de quelques mois; chez quelques-unes, la température a baissé, de même que la teneur en matières minérales. Ces modifications sont explicables par un seul et même phénomène. Les fissures, par lesquelles l'eau pénètre dans le tunnel, étaient, au début, pleines jusqu'à la hauteur, généralement inconnue, d'une source superficielle. L'eau était quasi stagnante dans la partie profonde, où elle se saturait en matières minérales et pouvait s'échauffer, sans que pour cela la source superficielle en relation avec ce remplissage d'eau fût pour cela ni thermale, ni minérale; en effet, l'eau la plus minéralisée, malgré sa température plus élevée, tendait à rester dans le fond des fissures. Or, en entamant celles-ci, à 1 000-1 500 mètres au-dessous de la surface, le remplissage d'eau devait se vidanger; la pression devenant de plus en plus faible, le débit, d'abord très fort, devait se réduire graduellement. L'eau qui, pendant la stagnation, pouvait se saturer de matières minérales et s'échauffer à loisir, s'écoulait dès lors très rapidement à travers les voies souterraines et devait arriver, dans le tunnel, de moins en moins minéralisée et de plus en plus froide, jusqu'au moment où un nouveau régime stable pouvait s'établir entre les affluents superficiels et l'émissaire souterrain. Sous ce rapport, les grandes venues d'eau froide du côté de l'attaque d'Iselle ont formé un vrai champ d'observations des plus féconds, si bien que nous voulons exposer ici, aussi succinctement que possible, les résultats acquis jusqu'ici sur l'origine et le régime de ces eaux souterraines d'un volume tout à fait extraordinaire.

Les grandes venues d'eau du versant Sud du tunnel du Simplon.

Si les sources chaudes, rencontrées dans le calcaire de la région centrale, ont eu un volume assez notable; c'est leur haute température, voisine de ou supérieure à 45°, qui a surtout entravé les travaux. Les grandes

venues du versant Sud entre 3 800 et 4 420 mètres ont présenté un débit si inattendu que leur étude détaillée paraissait présenter autant d'intérêt au point de vue technique que pour la science. Après avoir suivi de près le mode d'apparition de ces venues d'eau, le débit, la dureté et la température de chacune, car il y en a plus de quarante dans chaque galerie, on a examiné mensuellement l'eau de trente des plus typiques à ces mêmes points de vue. La comparaison des résultats a permis d'en faire tout d'abord une classification qui ne manque pas d'intérêt. Ce sont :

I. — *Sources chaudes* fortement gypseuses et ferrugineuses. Température plus élevée que celle du rocher. Depuis leur rencontre, la température s'est élevée, le degré hydrotimétrique de même; le volume a diminué.

II. — *Sources isothermes*, gypseuses ou non, toujours plus ou moins ferrugineuses. Température voisine de celle du rocher. Débit peu considérable, qui a beaucoup diminué depuis leur rencontre. Toutes avaient, au début, une forte teneur en gypse, qui s'est réduite pour les unes, mais pas pour d'autres.

III. — *Sources froides* gypseuses, peu ferrugineuses. Très volumineuses, débit environ quinze à vingt fois celui de toutes les sources des groupes I et II.

Il y en a deux catégories : *A*. Sources à température plus basse que celle du rocher, variant peu de température et de volume, mais bien de dureté; *B*. Sources à température initiale égale à celle du rocher, variant fortement de volume au cours de l'année, en se refroidissant au moment de la crue estivale, en diminuant de dureté.

Par leur mélange au moment de la pénétration dans le tunnel, il se forme un troisième groupe, ayant des propriétés intermédiaires entre celles des groupes *A* et *B*.

Après une traversée de 3 800 mètres à travers du gneiss dit d'Antigorio, presque privé d'infiltrations, les galeries de l'attaque d'Iselle ont rencontré les premières de ces sources (6 et 7) à 3 830 mètres, près d'une intercalation de micaschistes noirs. A 3 891 mètres s'est montrée une grande source (n° 11, temp. 28° et dureté 40°). Depuis lors, le trajet dans le gneiss massif d'Antigorio a été accompagné, dans les deux galeries, de nombreuses venues d'eau, en général de volume faible ou moyen, au maximum 10 litres par seconde, jusqu'à la rencontre du calcaire entre 4 325 et 4 330 mètres. Les distances entre 4 100 et 4 220 mètres, puis 4 250 mètres jusqu'au calcaire, étaient peu aquifères, le gneiss étant moins fissuré et plus compact. Des suintements d'eau par goutte étaient par contre continuels, attestant la pression de l'eau contre le rocher. La première source rencontrée dans le calcaire venait du plafond à 4 340 mètres; elle fut de faible volume et tarit plus tard, après la rencontre d'une deuxième source jaillissant au seuil à 4 353 mètres (source n° 34), avec un débit de 10 litres-seconde. Une troisième source, venant du plafond, d'une

fissure oblique à plongement Sud-Sud-Est avec direction Nord-Nord-Ouest fut rencontrée à 4 390 mètres, avec un débit également de 10 livres-seconde. C'est à 4 400 mètres, enfin, que, le 30 septembre 1901, se produisit, par un trou de la perforation mécanique de l'avancement, le formidable jet qui arrêta les travaux de la galerie I jusqu'au milieu de novembre, soit pendant six semaines environ, moment où la galerie II arriva dans cette même région, en ouvrant successivement de nouvelles voies d'eau qui eurent pour effet de diminuer la pression et de réduire

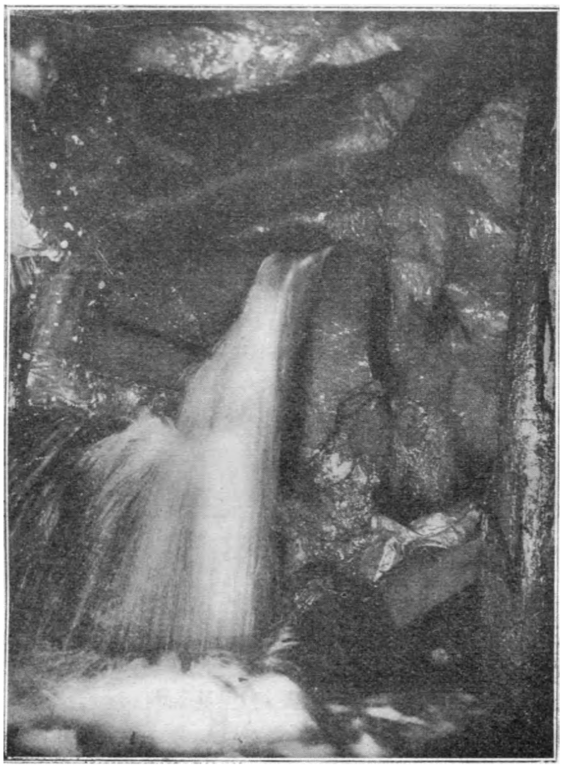


Fig. 2. — Sources du tunnel du Simplon, côté d'Iselle.
Galerie I. Source n° 40, le 4 mars 1903.
Reproduction d'une photographie de M. le professeur H. Schardt.

la violence du jet. On ne put cependant reprendre les travaux d'avancement dans la galerie I qu'en noyant l'orifice du jet, en élevant un barrage dans la galerie et en abattant le plafond. Au mois de décembre, enfin, on atteignit dans les deux galeries, à 4 421 mètres, une faille presque verticale à laquelle faisait suite un terrain compressible, formé

de schiste micacé broyé avec des débris de marbre. La présence de ce terrain eut pour effet une interruption générale des travaux de l'avancement pendant près de cinq mois. Le débit total de ces sources était alors d'environ 1 200 litres par seconde. Ce massif calcaire, formé de marbre blanc et gris, fortement replié par places, est ici sous-jacent au gneiss d'Antigorio, mais il entoure le pli que forme celui-ci et vient se superposer au gneiss à la surface. D'après les études préliminaires, supposant la courbure du calcaire plus au Nord et au-dessous du niveau du tunnel, on ne s'attendait à rencontrer ce terrain qu'après le sixième kilomètre. Cette rencontre prématurée, qui paraissait d'heureux augure, en raison de la grande dureté du gneiss, a eu, comme on le voit, des conséquences assez fâcheuses par les fortes venues d'eau qui en furent la conséquence, à quoi s'ajoute encore le terrain compressible succédant à la faille à 4 421 mètres.

Entretemps on avait fait plusieurs galeries transversales qui amenèrent des découvertes du plus grand intérêt. L'une, à près de 3 860 mètres (Transversale XIX), a traversé la faille de la source n° 11, au contact du schiste micacé noir. Deux sources ont jailli de cette fissure, l'une plus froide que la source 11 de 50 litres-seconde (source 8, température 25°,7; dureté 17°) et une volumineuse source plus chaude, de 70 litres-seconde (source 9, temp. 32°; dureté 56°). En même temps, la source 11 se réduisit à vue d'œil. Ce phénomène présente un très grand intérêt hydrologique. Les trois sources jaillissent de la même fissure. La source 11, rencontrée la première, venait du plafond en cascade formidable. La source 8 tombe exclusivement du plafond, tandis que la source 9 jaillit de bas en haut entre le schiste micacé et le gneiss, au contact de la faille. Avant la percée de la galerie transversale XIX, la totalité de l'eau des deux sources 8 et 9 sortait mélangée par la source 11. La galerie transversale en a opéré la séparation, car plus tard la source 11 a presque tari, ainsi que le montrent les chiffres suivants, ne donnant que les extrêmes de la longue série d'observations :

	Température.	Débit approximatif.	Dureté.	Date.
	—	—	—	—
Source 8. . . .	25°7	3 000 l. m.	17°	23 juillet 1901.
— 8. . . .	22°4	200 —	10°	10 août 1904.
— 9. . . .	30°3	4 000 —	56°	23 juillet 1901.
— 9. . . .	32°2	900 —	86°	10 août 1904.
— 11. . . .	28°	10 000 —	40°	11 juin 1901.
— 11. . . .	26°5	6 000 —	45°	30 nov. 1901.
— 11. . .	25°	500 —	62°	3 janvier 1902.
— 11*a* . . .	22°	30 —	11°	10 août 1904.
— 11*b* . . .	26°6	90 —	47°	10 août 1904.

Depuis janvier 1902, l'élargissement de la galerie I a produit sur ce qui restait de la source 11 une séparation analogue à celle provoquée déjà par la transversale XIX, en créant les sources 11*a* et 11*b*.

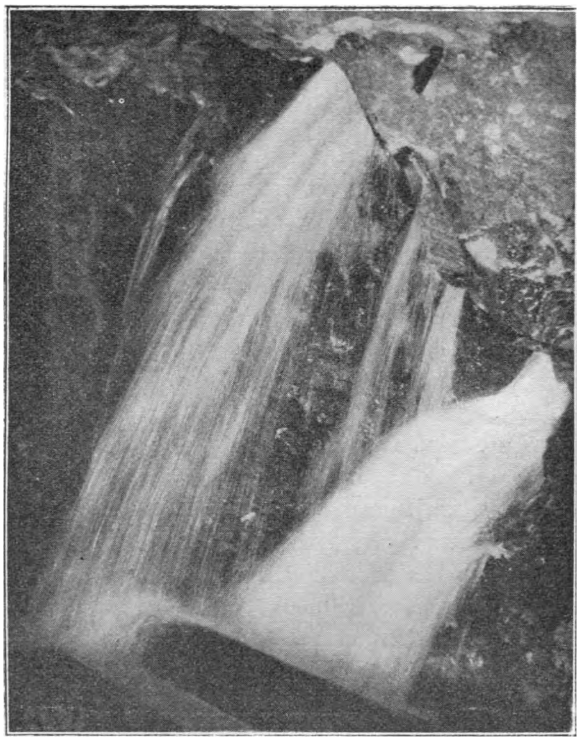


Fig. 3. — Sources du tunnel du Simplon, côté d'Iselle.
Galerie II. Source n° 37_{11}, le 11 mai 1903.
Reproduction d'une photographie de M. le professeur H. Schardt.

On voit que la source 11 était formée primitivement par la totalité de l'eau de tout ce groupe de sources, à la formation duquel prennent part deux sortes d'eaux très différentes. Les unes viennent d'en haut et sont plus froides et peu dures, quoique leur teneur en sels terreux soit essentiellement due au sulfate de chaux. Les autres poussent de bas en haut et sont plus chaudes; elles ont en même temps un degré de dureté très élevé. *La même faille était donc parcourue par ces deux eaux qui pouvaient librement communiquer ensemble.* Cette constatation, jointe à d'autres que nous avons eu l'occasion de faire, porte un coup décisif à cette croyance, érigée presque en dogme, que des eaux de composition et de température différentes ne peuvent être en communication et doivent avoir des parcours souterrains distincts. D'autres constatations résultant de nos

recherches au Simplon démontreront encore mieux l'absolue inanité de la prétendue indépendance des eaux de composition et de température différentes. Sur toute la longueur, dès la source 11, jusqu'aux grandes sources froides sortant du calcaire, il y a de nombreuses sources, souvent fort rapprochées, qui sont alternativement peu dures (10-12°) ou médiocrement gypseuses (30-50°). Il est certain qu'avant leur percée, alors que leur eau alimentait des sources superficielles, toutes les fissures du rocher devaient être pleines d'eau. Or on sait que les fissures ne sont pas des canaux indépendants. Elles s'entrecroisent et s'anastomosent de mille manières. Si néanmoins il peut exister dans un tel système des courants différents, cela ne doit pas étonner, bien moins que les courants montants et descendants, chauds et froids, plus ou moins salés dans un lac ou dans la mer, où le mélange de l'eau peut se faire sans entrave aucune.

Les grandes sources froides s'échappent exclusivement du calcaire par des fissures souvent béantes. Chose frappante, tandis que c'est la galerie I qui a atteint les premières et les plus violentes intrusions d'eau, c'est la galerie II qui a concentré, entre 3 350 et 4 420 mètres, donc sur 70 mètres de longueur à peine, les 90 °/₀ environ de ces grandes sources froides.

Au début, la température de celles-ci ne devait pas être loin de 18°, comme celle du rocher. Cependant la température des unes et des autres s'est abaissée rapidement dès le début. Bien que toutes ces sources soient en relation les unes avec les autres, elles suivent, sous le rapport thermique, un régime tout à fait différent. Les unes, dont la source 40 dans la galerie I est le type le plus pur, après s'être refroidies au-dessous de 14°, dès leur rencontre jusqu'au mois de juillet 1902, ont recommencé à augmenter de température pendant l'automne et l'hiver, pour dépasser même, au mois d'avril suivant (1902), la première température observée. Dès lors une nouvelle baisse s'est produite en juillet 1903, suivie d'une hausse graduelle pendant l'automne et l'hiver. Il en sera de même après la baisse de la température de juillet 1904, ainsi que le montrent les observations faites jusqu'à ce jour. (Voir le graphique, fig. 4.)

D'autres sources, dont la source 34 est le type extrême, ne sont presque absolument pas influencées par ces modifications. Après s'être refroidies de 18°4 (température initiale de la source 34) à près de 10° (11 ou 12° pour d'autres), leur température n'a presque plus varié, depuis lors, que de quelques dixièmes de degré. La composition chimique de toutes ces sources les caractérise comme des eaux gypseuses, peu ferrugineuses. Elles doivent donc puiser leur sulfate de chaux dans des gîtes de gypse ou d'anhydrite, dont la zone des marbres triasiques offre, en effet, des intercalations importantes. La richesse moyenne en gypse est de 1 gramme par litre (degré de dureté : 50-80°).

Ce degré hydrotimétrique varie avec le débit de l'eau. Au moment des

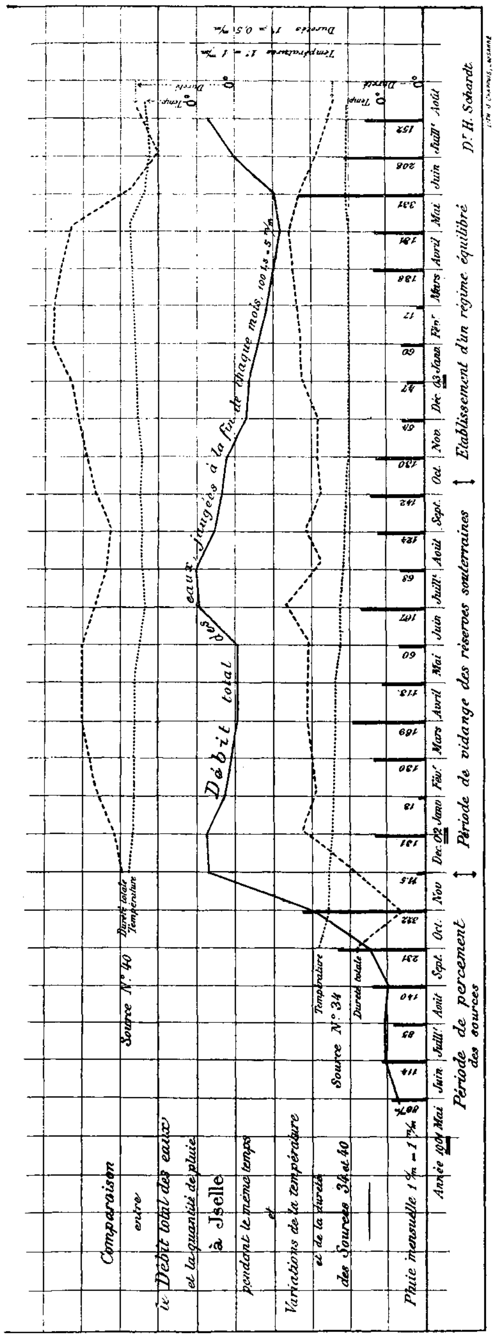


Fig. 4.

crues, qui ont lieu presque subitement, de juin à juillet, lorsque leur température baisse, la quantité de gypse se réduit pour quelques-unes de plus de 50 % et leur débit augmente de 30 à 40 %.

C'est la seule variation de volume que l'on constate dans le courant de l'année. Ni orage ni pluie prolongée ne produisent une influence sensible dans le courant de l'année. Il n'y a qu'une courbe de variation annuelle, ayant son maximum en juillet et son minimum en avril. Il n'y a pas l'ombre d'un doute possible quant à l'origine de ces eaux froides. Jaillissant dans une région où la température du rocher et celle des sources devait être entre 35 et 37°, leur basse température ne peut s'expliquer que par une provenance très directe de la surface, car ce sont elles qui refroidissent le rocher. On était en droit, en outre, de s'attendre à une réduction progressive et définitive de leur débit, en admettant l'existence de vastes cavités dans la partie supérieure du massif calcaire, dont la vidange devait amener une diminution notable du débit, car la surface considérée, au début, comme étant leur champ collecteur, ne pouvait, en aucun cas, fournir une telle quantité

d'eau. Mais cette réduction ne s'est pas produite et il a été constaté depuis lors que la surface du champ collecteur est d'au moins 12 kilomètres carrés, pouvant assurer un débit moyen d'environ 600 litres par seconde, et il est probable que des régions adjacentes y déversent encore des sources, en sorte que le débit moyen d'environ 900 litres par seconde n'est pas loin d'être atteint.

Fig. 5. — TRANSVERSALE XIX. SOURCE CHAUDE N° 9, LE 3 AVRIL 1903.
Reproduction d'une photographie de M. le professeur H. Schardt.

La position du champ collecteur est nettement indiquée par le tarissement de sources, soit dans la vallée de la Cairasca, à 2 500 mètres au Nord-Est du tunnel, soit dans la région d'Alpien, à peu près à 7 500 mètres au Sud-Ouest. C'est donc comme un immense drain que se comporte ce banc calcaire rencontré par les travaux souterrains à plus de 1 200 mètres au-dessous de la surface et à 650 mètres au-dessous de la source tarie la plus voisine. Néanmoins, le débit, bien plus élevé que celui calculé pour l'étendue du champ collecteur, devait rendre très probable l'éventualité d'une pénétration d'eau du torrent de la Cairasca qui s'écoule, à deux endroits, par-dessus le banc de calcaire triasique accompagné de gypse : à Nembro (1 300 m. d'altitude), à l'endroit où le calcaire s'enfonce sous les schistes jurassiques, en recouvrant le gneiss d'Antigorio, et une seconde fois, plus bas, à Gebbo (1 100 m.), où il émerge sous le gneiss, sur le prolongement même du banc coupé par le tunnel et plongeant vers celui-ci.

Or, à cet endroit même existent d'abondantes sources gypseuses, d'un débit voisin de 400 litres-seconde; leur tarissement paraissait presque certain; mais jusqu'à présent elles ont persisté avec leur débit normal! Néanmoins, il fallait avoir la certitude sur cette éventualité. Il résulte de trois essais de coloration avec 14 à 25 kilogrammes de fluorescéine qu'*en eaux moyennes et hautes, le torrent de la Cairasca pénètre dans la région aquifère du tunnel du Simplon, dans une proportion très faible* (environ 1/40 de son volume, soit 36 l.-s.), puisque la coloration n'a pu être vue qu'au fluoroscope. Mais, chose très significative, les sources de Gebbo ont toutes réagi très visiblement. Il y a donc une relation entre le torrent de la Cairasca, d'une part, et les sources froides du tunnel, de même qu'avec les sources gypseuses de Gebbo et probablement aussi entre celles-ci et les sources du tunnel, en ce sens que les deux dépendent d'un même cours souterrain qui est alimenté en partie par des infiltrations du torrent. Un troisième essai fait aux très basses eaux d'avril, avec 25 kilogrammes de fluorescéine, a donné, au contraire, un résultat absolument négatif pour les eaux du tunnel, mais très positif pour une partie des sources de Gebbo.

Donc, si les infiltrations provenaient directement de la Cairasca, il faudrait admettre qu'aux basses eaux son lit ne laisse rien échapper, ou bien si c'est par le cours souterrain des sources de Gebbo que l'infiltration se produit, que le débordement de celui-ci dans le tunnel ne peut pas avoir lieu en ce moment. Cette dernière alternative paraît fort probable, car l'étiage des sources de Gebbo coïncide naturellement avec celui du torrent de la Cairasca.

Les deux essais positifs ont fourni, en outre, des constatations fort étranges. Le premier, fait avec 16 kilogrammes de matière colorante, à l'époque des eaux moyennes, a produit une coloration faible dans les eaux du tunnel au bout de onze jours à la source 34, la plus froide, tandis qu'au mélange des sources de la galerie II la coloration n'a apparu qu'au bout de quatorze jours et a duré chez les deux pendant deux jours. L'autre essai, fait au début de l'époque des hautes eaux, avec prélèvement d'échantillons à douze sources de toute la zone aquifère, a donné un résultat des plus surprenants. La coloration a été aperçue à toutes les sources, sauf à la source 9. A la source 34, elle a apparu après un jour et demi, de même qu'aux sources du groupe opposé, comprenant la source 40 et la source 41_{11} (galerie II).

Les autres sources ont été colorées quelques jours plus tard; même la source 8, peu gypseuse et la plus éloignée du groupe des sources froides, a été influencée nettement dès le troisième jour. Le fait le plus frappant, après celui de l'arrivée de la coloration en moins de quarante heures, est que, la première coloration passée, la fluorescence a réapparu chez presque toutes les sources observées, et à plusieurs reprises. Entre le douzième et

le quatorzième jour, elle était visible chez presque toutes. Ce fait ne peut s'expliquer que par la circonstance que l'eau colorée suit plusieurs voies plus ou moins directes, en traversant des canaux ou chambres assez vastes pour se mélanger aux eaux souterraines pénétrant dans le tunnel. La coloration de la source 8 ne peut s'expliquer autrement; elle apporte une nouvelle preuve à la non-indépendance des cours d'eau souterrains, si différents et distants soient-ils. Cette expérience montre encore qu'avant leur rencontre par les galeries du Simplon, ces eaux remplissaient tout le vaste réseau de fissures de la montagne, dès le point le plus éloigné du champ collecteur du côté Ouest, jusqu'à l'extrême limite de celui-ci au delà

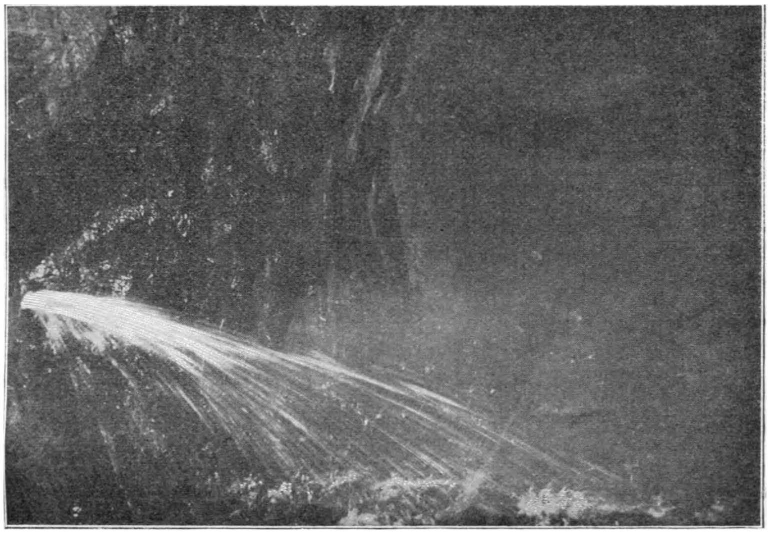


Fig. 6. — Source chaude n° $18_{11}a$, le 3 avril 1903.

Reproduction d'une photographie de M. le professeur H. Schardt.

de la vallée de la Cairasca et sur une largeur qui dépassait certainement celle de la zone calcaire et gypsifère qui entoure le gneiss d'Antigorio, puisque les sources froides du calcaire rayonnent sur plus de 400 mètres dans ce terrain. Cette eau devait atteindre, au point le plus bas, le niveau des plus basses des sources taries, soit 1 300 mètres, ce qui explique l'énorme pression des premiers jets. Mais, de part et d'autre de la vallée de la Cairasca, son niveau devait s'élever, puisque sur l'*alp* d'Alpien une source a tari à la cote de 1 500 mètres. Cette eau n'était pas stagnante, mais s'écoulait vers des émissaires visibles ou invisibles, situés sur l'Alpe de Nembro (vallée de la Cairasca). Elle ne pouvait, en aucun cas, s'écouler vers la vallée de la Diveria, puisque les intercalations de micaschiste dans

le gneiss d'Antigorio empêchent leur évacuation dans cette direction; d'ailleurs, le tunnel aurait rencontré des venues d'eau dans ce dernier terrain beaucoup plus tôt que cela n'a été le cas. Outre les courants superficiels, dus à la gravitation, amenant les eaux souterraines à travers les canaux et fissures vers leurs émissaires superficiels, il devait y avoir dans ce remplissage d'eau une circulation dans le sens vertical, jusqu'au-dessous du niveau du tunnel. En effet, on aurait dû trouver normalement dans cette région une température de 35-37°. Elle n'a été, au moment de la rencontre, que de 17°2, tout au plus 18°. *Longtemps avant la rencontre des grandes venues d'eau, on avait constaté une baisse anormale de la chaleur souterraine, graduellement avec l'avancement.* Cette baisse ne pouvait provenir que de la circulation, dans les innombrables fissures du rocher, de l'eau souterraine qui les remplissait sur plusieurs centaines de mètres de hauteur. *L'eau froide descendait dans certains de ces canaux et montait par d'autres, après s'être réchauffée, pour se mélanger au même courant qui leur avait donné naissance.* Ce n'est pas une circulation entièrement fermée, comme celle d'un thermosiphon, puisque l'eau peut se renouveler au cours sourcier, mais c'est le même mécanisme. *La chaleur empruntée à la profondeur lui fournit la force motrice.* Mais cette circulation fait encore un autre travail, la *corrosion souterraine*, par dissolution des roches au milieu desquelles elle s'accomplit. Cette dissolution est rapide dans le gypse, l'anhydrite et le calcaire, très lente dans les roches siliceuses et cristallines. Chaque fissure, même capillaire, est une voie ouverte à cette attaque incessante. La moindre différence de température est cause d'un mouvement. L'eau enlève non seulement de la chaleur, mais elle se sature aussi de substances minérales, qui remontent vers la surface. L'eau froide, d'abord presque chimiquement pure, devient plus ou moins saturée de matières minérales enlevées dans la profondeur.

Cet enfoncement par corrosion des eaux souterraines n'a donc pas d'autres limites dans le sens vertical que celle du terrain soluble dans lequel il se produit, ou bien une température supérieure au point d'ébullition de l'eau. Nous avons là l'explication évidente du mode de formation des énormes cavités, pleines d'eau, creusées dans les terrains calcaires bien au-dessous du niveau des sources et sans qu'on puisse supposer la possibilité de l'obstruction d'orifices plus profonds. Il en ressort nettement la différence essentielle qu'il y a entre l'érosion superficielle mécanique et l'érosion souterraine par corrosion.

Dans notre cas, il est certain que cette circulation s'étendait à 200 mètres, sinon plus, au-dessous du niveau du tunnel et à plus de 800 mètres au-dessous du niveau de l'ancien émissaire. En effet, les sources chaudes dans la galerie transversale XIX et dans la galerie II (entre les transversales XIX et XX) avaient, lors de leur rencontre déjà, une température supérieure à celle du rocher ambiant. *Elles se sont, en outre, réchauffées*

notablement depuis lors, alors que le rocher qui les entoure s'est refroidi de plusieurs degrés. Cette modification, qui en fait de *véritables sources thermales,* les seules que le tunnel du Simplon ait fait jaillir, ne peut s'expliquer que par le fait *que ces eaux étaient jusqu'alors sous l'influence de la pression des eaux froides qui se mélangeaient à leur cours.* Aujourd'hui que le niveau de l'eau souterraine froide s'est notablement abaissé, cette eau froide pénètre librement dans le tunnel par les voies que celui-ci a ouvertes. L'eau des sources chaudes, par contre, circule seule et plus lentement à travers la zone chaude sous-jacente au tunnel ; aussi, tout en diminuant de volume (source 9), elles ont toutes fortement augmenté de température et de dureté.

Le refroidissement du rocher dans toute la zone aquifère, dès la percée des sources froides, est surtout manifeste à proximité des plus grandes sources froides ; mais on doit envisager ce phénomène *comme étant exclusivement limité au voisinage immédiat du tunnel, vers lequel les cours d'eau souterrains se précipitent rapidement sous pression.* D'autres parties de la montagne abandonnées par l'eau ont pu, depuis lors, se réchauffer, comme le prouve l'augmentation de la température des sources chaudes. *Le bilan thermique est resté le même, il n'y a eu que déplacement du capital de chaleur.*

La dérivation de tous ces cours d'eau vers le tunnel a produit, comme on l'a vu, tout un régime nouveau. D'après la rapide pénétration des eaux de la surface, on pouvait penser que les phénomènes météorologiques devraient influencer immédiatement le débit de ces sources, comme cela a lieu pour la plupart des sources superficielles, des sources vauclusiennes surtout, qui peuvent augmenter du simple au centuple à la suite d'un seul orage et pendant moins de vingt-quatre heures. Mais cela n'est pas le cas. Les variations de volume qui se produisent présentent une seule période annuelle. La seule crue qui a lieu ne parvient pas même à doubler le débit des sources. Elle se produit en juin et juillet, peu après la fonte de la neige dans le champ collecteur, situé en majeure partie entre 1 500 et 2 500 mètres d'altitude. La seule explication possible de ce régime particulier est que le réseau des canaux souterrains ne s'est jamais entièrement vidé jusqu'ici. L'eau provenant des orages et pluies tombant sur la montagne ne pénètre pas librement dans le tunnel, mais sert uniquement à remplir des vides, sans occasionner une augmentation perceptible du débit des sources; c'est tout au plus si la courbe manifeste parfois un ralentissement du mouvement descendant pendant l'automne (voir la fig. 4). Il faut la forte affluence de l'eau de fusion de la neige, remplissant rapidement les vides souterrains, pour occasionner une augmentation du débit. La crue annuelle de ces sources est donc *une crue piézométrique,* soit *par augmentation de la charge.* Le refroidissement rapide, la dilution de l'eau gypseuse, suivis d'une lente augmentation de la température et de la dureté

pendant l'hiver, sont des faits suffisamment éloquents pour démontrer la réalité de cette supposition. Enfin, l'invariabilité presque complète de la température des sources les plus froides et la faible variation de leur débit ne peuvent s'expliquer que par l'arrivée de leur eau par des canaux toujours pleins, alimentés par une cavité située sur le parcours d'un affluent ininterrompu, en relation peut-être avec les sources de Gebbo, ou déversant son trop-plein dans le réseau des sources à température et à débit variables. On voit que l'étude de ces nombreuses et en partie formidables venues d'eau a fourni une vaste moisson d'observations, pouvant servir à l'élucidation d'un problème fort controversé jusqu'ici. Plus d'une lumière a jailli devant nos yeux!

D'autres faits d'une importance incontestable se rattachent à la circulation de l'eau à travers des terrains solubles, comme l'est le gypse. L'origine du sulfate de chaux des sources froides ne peut être cherchée que dans la lixiviation des gîtes de gypse ou d'anhydrite. Or, avec une teneur moyenne de 1 gramme de sulfate de chaux par litre et un débit d'environ 1 000 litres par seconde, cela représente, par année, un poids de 31 530 tonnes de sulfate de chaux, soit *un volume de plus de 10 000 mètres cubes.* On comprend dès lors avec quelle rapidité doivent s'accroître les vides souterrains sous l'influence de la circulation des eaux. Les sources de Gebbo, avec un débit d'environ 400 litres par seconde, enlèvent à la montagne annuellement plus de 12 000 tonnes de sulfate de chaux, *soit environ 4 000 mètres cubes.* Tout autour de leur ligne d'émergence et plus en aval, les deux flancs de la vallée de la Cairasca offrent des traces d'effondrements considérables, attestant que les cavités creusées au cours des siècles se sont comblées en partie par l'affaissement des massifs rocheux susjacents. Et ce phénomène de corrosion souterraine continue toujours, accentué encore aujourd'hui par la dérivation des cours d'eau souterrains d'une vaste région vers les galeries du tunnel du Simplon, à travers les gîtes gypsifères situés entre eux deux. Il ne s'arrêtera qu'après épuisement de ceux-ci.

XIe CONGRÈS INTERNATIONAL D'HYGIÈNE ET DE DÉMOGRAPHIE

TENU

A BRUXELLES DU 2 AU 8 SEPTEMBRE 1903

TROISIÈME QUESTION PROPOSÉE AUX DÉLIBÉRATIONS DE LA TROISIÈME SECTION

Établir, au point de vue des exigences de l'Hygiène, les conditions que doivent remplir les eaux issues des terrains calcaires

---

SYNTHÈSE ET CONCLUSIONS DU RAPPORT

DE

M. E. VAN DEN BROECK (1)

Délégué pour la Belgique.

1° Aucune thèse appliquée à l'hydrologie des calcaires ne pourrait prétendre à devenir une vérité scientifique, base d'applications pratiques judicieuses, si elle tendait à l'unification des phénomènes et des conclusions, ou à un principe immuable d'admissibilité ou d'inadmissibilité des eaux à l'utilisation alimentaire.

2° L'essence même de l'hydrologie rationnelle des calcaires se caractérise par l'extrême diversité des résultats que fournissent l'étude de

---

(1) Un compte rendu complet des travaux de la *troisième Section* du Congrès avait été promis à la Société, dans le courant de 1904, par un de nos collègues, que ses multiples occupations et des voyages à l'étranger ont fâcheusement empêché de réaliser ultérieurement cette promesse.

La synthèse ci-dessus du Rapport de M. *Van den Broeck,* délégué pour la Belgique, devant être englobée dans le travail de son collègue, avait été réimprimée d'avance dans le but d'en obtenir, dès 1904, quelques tirés à part.

En présence du retard considérable qui, actuellement, enlèverait toute actualité au compte rendu des travaux du Congrès, l'Assemblée du 19 décembre 1905 a décidé d'englober purement et simplement le document resté pendant si longtemps sur le marbre, dans les *Traductions et Reproductions* du tome XIX du *Bulletin de la Société belge de Géologie.*

leur régime aquifère, essentiellement variable, et la vérification des qualités alimentaires des eaux qu'ils renferment.

3° Ce sont de multiples facteurs, d'ordre *géologique* et surtout tectonique (régional ou local), ainsi que stratigraphique, lithologique, topographique et altimétrique, qui concourent, avec d'autres causes secondaires, parfois temporaires, à diversifier à l'extrême le régime hydrologique des calcaires et à faire varier considérablement les conclusions relatives à la valeur alimentaire de leurs eaux, considérées même pendant des périodes d'apparent maintien des conditions normales.

4° Les divergences, parfois si grandes, des principes qui ont été défendus avec talent et autorité par les spécialistes de la Spéléologie, de la Géologie et par ceux de la Technique pratique, spécialement au sujet de l'existence ou de l'inexistence tant des nappes ou réserves aquifères des calcaires que des sources qui en constituent l'exutoire, proviennent uniquement de la localisation du champ d'étude et d'investigation des spécialistes. Ceux-ci, opérant dans des parties distinctes d'un même ensemble, se sont crus, A TORT, autorisés à formuler, chacun d'après sa seule expérience personnelle, la prétendue *loi d'ensemble* qui, en réalité, doit faire place à des énoncés complexes et distincts, mais mutuellement complémentaires. C'est en réalité la synthèse bien entendue de l'expérience DE TOUS, qui est appelée à constituer la vue d'ensemble, qui n'a pu être découverte par chacun isolément.

5° C'est ainsi qu'après les révélations récentes et formelles de la Spéléologie, il ne serait plus possible de nier qu'au sein des calcaires, on constate soit les phénomènes de la localisation et de la circulation régionale et locale d'un réseau d'eaux courantes souterraines n'ayant rien de commun avec les nappes classiques, soit le fait de la sortie pure et simple — sous forme de résurgences de ruisseaux engouffrés — d'eaux absolument inutilisables pour l'alimentation.

Mais il serait tout aussi inutile et décevant de vouloir nier, soit au sein de certains types et de certaines dispositions de terrains calcaires, soit même en certaines *zones inférieures* des massifs précédents, l'existence de véritables et vastes nappes, analogues à celles des formations meubles, et sous-jacentes à d'autres dispositifs, plus localisés.

Il ne serait pas moins puéril de nier l'existence, dans les terrains de cette nature, de réelles sources — abstraction faite de leur valeur

alimentaire — constituant le classique trop-plein, le déversement de réservoirs souterrains imprégnant, dans leurs parties profondes, restées forcément inconnues et impénétrables à l'exploration humaine, les vides communiquants du calcaire fissuré.

6° Mais c'est, dans la plupart des cas, et surtout lorsqu'il s'agit de calcaires durs et rocheux, l'extrême difficulté d'apprécier le degré de variabilité du plexus si changeant du régime hydrologique des calcaires qui reste constituer le principal obstacle à l'obtention de garanties suffisantes de sécurité, pour l'avenir surtout, en ce qui concerne la connaissance réelle et complète du régime régional ou local, et, par suite, l'opportunité d'utilisations alimentaires.

Les lumières apportées par l'investigation spéléologique directe ou appliquée et par les renseignements que fournissent les procédés de coloration des eaux souterraines inaccessibles ne sont parvenues à nous éclairer qu'en partie sur les éléments de si grande complexité du régime hydrologique souterrain en terrains calcaires, et de sérieux progrès restent à accomplir.

7° Le régime hydrologique des massifs calcaires est en si intime relation avec les facteurs d'ordre géologique que c'est, comme l'a d'ailleurs reconnu récemment le Gouvernement français, au *géologue* qu'il appartient *tout d'abord* d'élucider le problème et, s'il est forcé d'avouer qu'il ne parvient pas toujours à y réussir complètement, combien ne seraient pas imprudentes les administrations et compagnies d'eaux alimentaires qui, conformément aux anciens errements, persisteraient encore à faire exécuter des projets de captage en massifs calcaires sans le concours, aujourd'hui reconnu indispensable, du géologue !

8° *Quelle que soit d'ailleurs la somme de travail consacrée par le géologue, le chimiste, le bactériologiste et l'ingénieur à l'étude du captage des eaux provenant du calcaire, et quelque compétence que puissent posséder ces spécialistes, aucun d'eux ne serait à même de fournir, — vu les redoutables inconnues du problème et les variations éventuelles, toujours possibles, des éléments du régime hydrologique de ces terrains, — aucun d'eux, disons-nous, ne pourrait fournir de* GARANTIES ABSOLUES *pour l'avenir. Aussi, une* SURVEILLANCE *topographique, médicale, chimique et bactériologique incessante et consciencieuse, tant dans l'aire maximum d'alimentation des venues d'eau captées qu'au captage lui-même et dans*

la région d'adduction, doit-elle, de même que l'organisation de mesures spéciales de défense éventuelle en cas de contamination partielle ou totale ultérieure, constituer le COMPLÉMENT INDISPENSABLE *de tout captage des eaux du calcaire. Plus le régime régional considéré s'écartera du type ordinaire des nappes et des sources des terrains meubles perméables, plus cette surveillance devra être fortement organisée et rigoureusement exécutée.*

9° Les conclusions qui précèdent pourraient peut-être servir de base rationnelle à un *vœu*, sinon d'application générale en tous pays, vu l'existence et la complexité des rouages administratifs et techniques réglant parfois la matière, comme en France par exemple, mais du moins applicable à des pays tels que la Belgique, où existent d'incontestables lacunes dans cet ordre d'idées et où la densité de la population et ses besoins croissants en eau potable pourraient utilement réclamer la création de rouages s'attachant à la fois à l'utilisation la plus complète possible des eaux disponibles, avec les *garanties de sécurité* qui s'imposent si étroitement au problème de l'emploi des eaux du calcaire.

Il s'agirait, en somme, d'adopter, en la perfectionnant et en l'élargissant même, la voie, assurément féconde dans son principe, dans laquelle est entré récemment le *Gouvernement français*.

En présence des lourdes responsabilités qu'implique l'action néfaste, sur la santé publique, de l'utilisation d'eaux alimentaires de sécurité douteuse ou *variable*, on peut se demander si l'action directe et très sérieuse de l'État ou de la province, représentés par un *Service technique spécial*, essentiellement géologique dans certains de ses éléments, ne serait pas un objectif des plus hautement désirables. Un tel Service d'intérêt public, absolument INDÉPENDANT de toute Société ou administration de travaux d'eau, et qui serait chargé aussi bien de fournir des éclaircissements pendant la phase d'étude préalable des projets, que d'organiser la surveillance ultérieure *continue* de toute distribution d'eaux — qu'elles émanent du calcaire fissuré ou des sables filtrants — pourrait rendre les services les plus signalés et prévenir soit de regrettables fausses recherches ou de lamentables et coûteux échecs en matière d'entreprises d'eaux alimentaires, soit de graves atteintes à la santé des populations desservies.

SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE

DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE

COMPOSITION DU BUREAU (1), DU CONSEIL ET DES COMITÉS

EXERCICE 1905

Président : **Ad. Kemna.**

Vice-Présidents :

E. Cuvelier, Th. Gilbert, A. Rutot, X. Stainier.

Secrétaire général : **E. Van den Broeck.**

Trésorier :	*Secrétaire :*	*Bibliothécaire :*
Ch. Fievez.	**Baron L. Greindl.**	**L. Devaivre.**

Délégués du Conseil :

H. de Dorlodot, V. Jacques, M. Mourlon, J. Willems.

Membres du Conseil :

**J. Cornet, F. de Schryvere, C. Malaise, E. Mathieu,
H. Rabozée, C. Van de Wiele.**

COMITÉS SPÉCIAUX.

COMITÉ DE VÉRIFICATION DES COMPTES :

L. Bauwens, A. De Busschere, H. Lebon.

COMITÉ DES PUBLICATIONS :

E. Cuvelier, V. Jacques, G. Jottrand.

COMITÉ DES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION :

Président : **J. Willems.**

Membres :

Gillet, H. Rabozée, Cl. Van Bogaert, P. Van Ysendyck.

COMITÉ PERMANENT D'ÉTUDES DU GRISOU :

(Voir les listes spéciales des années antérieures.)

(1) Le *Bureau* est constitué par le Président, les quatre Vice-Présidents, le Secrétaire général, le Secrétaire et les quatre délégués du Conseil.

SOCIÉTÉ BELGE

DE

GÉOLOGIE, DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE

Fondée à Bruxelles, le 17 février 1887

LISTE GÉNÉRALE DES MEMBRES

ARRÊTÉE AU 17 FÉVRIER 1905 (1)

Membre Protecteur.

M. EM. DE MOT, Bourgmestre de la Ville de Bruxelles.

Membres Honoraires.

1 * BARROIS, Ch., Professeur à la Faculté des sciences de l'Université de Lille, 37, rue Pascal, à Lille, et rue Chomel, 9, à Paris (VII).

2 BERTRAND, C.-Eg., Correspondant de l'Institut, Professeur de botanique à la Faculté des sciences de l'Université de Lille, 6, rue d'Alger, à Amiens.

3 BERTRAND, Marcel, Membre de l'Institut de France, Ingénieur en chef des mines, Professeur de géologie à l'École supérieure des Mines, 75, rue de Vaugirard, à Paris (VI).

4 BONNEY, Rév. Thomas George, Professeur de géologie et de minéralogie à University College, 23, Denning Road, Hampstead. London N. W.

5 BRÖGGER, W. C., Professeur à l'Université de Christiania.

6 * CAPELLINI, Giovanni (le Commandeur), Professeur de géologie à l'Université, via Zamboni, à Bologne (Italie).

7 CHOFFAT, Paul, Attaché au Service géologique du Portugal, 113, rue do Arco a Jesus, à Lisbonne (Portugal), et 21, rue Saint-Laurent, à Bordeaux.

8 CREDNER, Dr Hermann, Directeur du Service royal géologique de Saxe, Professeur à l'Université de Leipzig.

(1) Les noms des **fondateurs** se trouvent, dans la liste ci-dessous, précédés d'un astérisque *. Les noms des *membres à vie* sont précédés de deux astérisques **.

9 * DOLLFUS, Gustave, ancien Président de la *Société géologique de France*, Collaborateur principal au service de la Carte géologique de France, 45, rue de Chabrol, à Paris (X).

10 GAUDRY, Albert, Membre de l'Institut de France, Professeur honoraire de paléontologie au Muséum, 7*bis*, rue des Saint-Pères, à Paris (VI).

11 * GEIKIE, Archibald, F. R. S., ancien Directeur général des services géologiques de Grande-Bretagne et d'Irlande; 10, Chester Terrace Regent's Park, London N.W.

12 * GEIKIE, James, LL. D.; F. R. S., Professeur de géologie et de minéralogie à l'Université d'Édimbourg, Kilmorie, 83, Colinton Road, Edinburgh.

13 * GOSSELET, Jules, Correspondant de l'Institut de France, Professeur honoraire de géologie à la Faculté des sciences de l'Université de Lille, 18, rue d'Antin, à Lille.

14 HARMER, Dr, Oakland House, Cringleford, près Norwich (Angleterre).

15 HEIM, Alb., Professeur à l'Université de Zurich, à Hottingen (Zurich).

16 HUGHES, Thomas, Mac Kenny, Professeur de géologie à l'Université de Cambridge, Woodwardian Museum, Trinity College, Cambridge (Angleterre).

17 ISSEL, Arthur, Professeur à l'Université, 3, Via Gropallo, à Gênes.

18 * JONES, T. Rupert, F. R. S., 17, Parson's Green, Fulham, Londres S. W.

19 JUDD, J. W., Professeur de géologie au Collège royal des sciences, South Kensington, London S. W.

20 KARPINSKY, Alex. Petrow., Membre de l'Académie impériale des sciences de Saint-Pétersbourg, Directeur du Comité géologique de Russie, Professeur à l'École des Mines, à Saint-Pétersbourg.

21 KOENEN (A. von), Dr, Professeur de géologie et de paléontologie à l'Université de Göttingen (Allemagne).

22 LAPPARENT (Albert de), Membre de l'Institut de France, ancien Président de la *Société géologique de France*, Professeur de géologie et de minéralogie à l'École libre des Hautes-Études, 3, rue de Tilsitt, à Paris (VIII).

23 * LOEWINSON-LESSING, F., Professeur de minéralogie et de géologie à l'Institut polytechnique de Saint-Pétersbourg, Sosnovka, à Saint-Pétersbourg.

24 LORIÉ, J., Docteur ès sciences, Privatdocent à l'Université, 18, Oudkerkhof, à Utrecht (Pays-Bas).

25 MICHEL LÉVY, A., Membre de l'Institut de France, Directeur du service de la Carte géologique de France, 26, rue Spontini, à Paris (XVI).

26 MOJSISOVICS von MOJSVAR, Dr Edmund, K. K. Hofrath, Wirkl. mitglied der K. Akad. der Wiss., 26, Strohgasse, à Vienne.

27 NIKITIN, Serge, Géologue en chef du Comité géologique de Russie, Institut des Mines, à Saint-Pétersbourg.

28 * POTIER, Alfred, Ingénieur en chef des Mines, Professeur à l'École des Mines, 89, boulevard Saint-Michel, à Paris (V).

29 * RENEVIER, Eugène, Professeur de géologie à l'Université de Lausanne, Haute-Combe, près Lausanne (Suisse).

30 RICHTHOFEN (Baron von), Professeur de géographie à l'Université de Berlin, 117, Kurfürstenstrasse, à Berlin.

31 * RISLER, Eugène, Directeur honoraire de l'Institut national agronomique de France, 106*bis*, rue de Rennes, à Paris (VI).

32 * ROSENBUSCH, Dr H., Professeur de géologie à l'Université d'Heidelberg.

33 * ROUVILLE (A.-P. DE), Doyen et Professeur honoraire de géologie de la Faculté des sciences de l'Université de Montpellier, 10, rue Henri-Garnier, à Montpellier (Hérault).

34 SACCO, Federico, Professeur de paléontologie à l'Université, Castello del Valentino, à Turin.

35 SUESS, Édouard, Professeur à l'Université de Vienne.

36 TEALL, J. J. H., Président de la *Société géologique de Londres*, Directeur général des Services géologiques de Grande-Bretagne et d'Irlande, 28, Jermyn Street, à Londres.

37 TRAQUAIR, R. H., M. D., LL. D., F. R., S., Conservateur des collections d'histoire naturelle au Musée des Sciences et des Arts, à Édimbourg (Écosse).

38 WHITAKER, Will. F. R. S., Chairman of the Sanitary Institute. Freda, Campden Road, à Croydon.

39 WOODWARD, A. Smith, Conservateur au Département géologique du British Museum of Natural History, 4, Scarsdale Villas, Kensington W., à Londres.

40 ZIRKEL, Prof. Dr F., Professeur de géologie à l'Université de Leipzig, 15, Thalstrasse, à Leipzig.

Membres Associés Étrangers.

1 ABEL, Dr, Othenio, Sektionsgeologe der K. K. geologischen Reichsanstalt, dozent für palaeontologie an der K. K. Universität, Jenullgasse, 2, à Vienne, XIII.

2 ARCTOWSKI, H., Géologue, 103, rue Royale, à Bruxelles.

3 BOULE, Marcellin, Président de la Société géologique de France, Professeur de paléontologie au Muséum d'Histoire naturelle de Paris, 3, place Valhubert, à Paris (V).

4 * DUNIKOWSKI (Émile, Chevalier DE), Dr Phil., Privatdocent à l'Université de Lemberg (Galicie).

5 * FORESTI, Ludovico, Docteur en médecine, Aide-naturaliste de géologie et de paléontologie au Musée de l'Université de Bologne (Italie).

6 GOLLIEZ, A., Professeur de géologie à l'Université de Lausanne.

7 LAMBERT, Jules, Paléontologiste, Président du Tribunal civil, 57, rue Saint-Martin, à Troyes (Aube), France.

8 LANG, Dr ph. Otto, Scheffelstrasse, 23, Hannover (Allemagne).

9 LOTTI, Bernardino, Docteur, Ingénieur au Corps des Mines, à Rome.

10 MARTEL, E.-A., Secrétaire général de la *Société de Spéléologie*, 8, rue Ménars, à Paris (II).

11 MAYER-EYMAR, Charles, Dr ès sciences, Professeur de paléontologie à l'Université de Zurich (Suisse).

12 MEUNIER, Stanislas, Professeur de géologie au Muséum d'histoire naturelle, 3, quai Voltaire, à Paris (VIII).

13 MONTESSUS DE BALLORE (DE), Chef d'escadron, commandant le Bureau de recrutement, à Abbeville.

14 PICARD, Karl, Membre de diverses Sociétés savantes, Nordhauserstrasse, 2, à Sondershausen (Allemagne).

15 POHLIG, Dr Hans, Professeur à l'Université de Bonn (Prusse).

16 RECLUS, Élisée, Géographe, 26. rue Vilain XIIII, à Bruxelles.

17 STURTZ, B., Dr du Comptoir minéralogique et paléontologique de Bonn, 2, Riesstrasse, à Bonn.

18 TACCHINI, P., ancien Directeur de l'Observatoire du Collège Romain, à Spilamberto, près Modène.

19 TIETZE, Em., Vice-Directeur du *K.-K. Geologische Reichsanstalt,* à Vienne.

20 TOUTKOWSKI, Paul, Conservateur du Cabinet minéralogique et géologique de l'Université de Kiew, 46, boulevard de Bibikow, à Kiew (Russie).

21 WEINSCHENK, Ernest, Professeur de pétrographie à l'Université de Munich.

Membres effectifs.

1° *Membres à perpétuité.*

1 Administration communale de la VILLE D'ANVERS. (*Délégué :* M. Royers.)

2 Administration communale de la VILLE DE BRUXELLES.

3 Administration communale de la VILLE DE VERVIERS. (*Délégué :* M. Sinet.)

4 Maison SOLVAY & Cie, Industriels, à Bruxelles.

5 Administration communale de la VILLE DE BINCHE.

6 Administration communale de la VILLE DE GAND.

7 Société anonyme des TRAVAUX D'EAU, à Anvers. (*Délégué :* M. Ad. Kemna.)

8 Administration communale de la VILLE D'OSTENDE. (*Délégué :* M. Verraert.)

9 Société des CHARBONNAGES DE MONCEAU-FONTAINE, à Monceau-sur-Sambre. (*Délégué :* M. Vital Moreau.)

10 Société anonyme des CHARBONNAGES DE BASCOUP. (*Délégué :* M. Lucien Guinotte.)

11 Société anonyme des CHARBONNAGES DE HORNU ET WASMES, à Wasmes. (*Délégué :* M. Gédéon Deladrière.)

12 Société anonyme des CHARBONNAGES DE MARIEMONT. (*Délégué :* M. Raoul Warocqué.)

13 Société anonyme du CHARBONNAGE DU BOIS D'AVROY, à Sclessin-Ougrée (Liége). (*Délégué :* M. Bogaert, Hilaire, 201, quai de Fragnée, Liége.)

14 Compagnie des CHARBONNAGES BELGES, à Frameries. (*Délégué :* M. Isaac Isaac.)

15 Société anonyme des CHARBONNAGES UNIS DE L'OUEST DE MONS, à Boussu. (*Délégué :* M. Arthur Dupire.)

16 Société anonyme des CHARBONNAGES DE COURCELLES-NORD, à Courcelles. (*Délégue :* M. L. Heuseux.)

17 Société anonyme des CHARBONNAGES DE DAHLBUSCH, à Rotthausen. Bureau à Bruxelles, 10, rue de Spa.

2° Membres effectifs.

18 ABRAMOFF, T.-J., Ingénieur des Mines, à Makeevka, par station de Kartzisk (Russie).

19 ALIMANESTIANO, Constantin, Ingénieur, Directeur de l'Industrie et du Commerce au Ministère des domaines, Strada Domnei, 27, à Bucarest.

20 ANDERNACK, Jules, 39, rue Mazy, à Jambes (Namur).

21 ANDRIMONT (René D'), Ingénieur des Mines, rue Monulphe, à Liége.

22 ANDROUSSOFF, Professeur de géologie à l'Université de Jourieff (Dorpat).

23 ANNOOT, J.-B., Professeur honoraire à l'Athénée royal de Bruxelles, 78, rue Gallait, à Schaerbeek lez-Bruxelles.

24 ARRAULT, René, Ingénieur, 69, rue Rochechouart, à Paris (IX).

25 AXER, A.-H., Entrepreneur de puits artésiens, 479, chaussée de Jette, à Jette-Saint-Pierre lez-Bruxelles.

26 BAUCHAU, Carl, Ingénieur civil des Mines, rue Saint-Joseph, à Anvers.

27 BAUTHIER, L., Géomètre-Architecte, à Genappe

28 BAUWENS, Léonard, Receveur des contributions, 33, rue de la Vanne, à Bruxelles.

29 BAYET, Adrien, Propriétaire, 33, Nouveau Marché-aux-Grains, à Bruxelles.

30 BAYET (le Bon Ernest), Paléontologiste, 58, rue Joseph II, à Bruxelles.

31 BAYET, Louis, Ingénieur, à Walcourt (province de Namur).

32 BERGERON, Jules, ancien Président de la *Société géologique de France,* Professeur de géologie à l'École centrale des Arts et Manufactures, 157, boulevard Haussmann, à Paris (VIII).

33 BERNAYS, Ed., Avocat, 33, avenue Van Eyck, à Anvers.

34 BERNUS, Louis, Propriétaire, 116, boulevard Audent, à Charleroi.

35 BERTRAND, Jean, Géographe, Chef de laboratoire de l'Institut d'hygiène de Bruxelles, 8, avenue des Sept-Bonniers, à Uccle lez-Bruxelles.

36 BESANÇON (ville de), Délégué : M. *Jeannot*, Ingénieur-Directeur des eaux de la ville, Hôtel de Ville, à Besançon (Doubs).

37 BEYERINCK, Dr F., ancien Ingénieur des Mines du Gouvernement aux Indes néerlandaises. 56/50 Gerard Reijnststraat, à La Haye.

38 BLANCHART, Raoul, 44, rue du Buisson, à Lille-Saint-Maurice (France).

39 BOCKSTAEL, Émile, Bourgmestre de la commune de Laeken, Conseiller provincial, 274, avenue de la Reine, à Laeken.

40 BOHY, Benoît, Régent de l'École moyenne, à Wavre.

41 BONMARIAGE (le docteur Arthur), 2, rue de la Révolution, à Bruxelles.

42 BOTTI, Ulderigo, à Reggio-Calabria (Italie).

43 BOULANGÉ (l'Abbé), Hydrologue, Château de Cruyshautem (Flandre orientale).

44 BOUHY, Victor, Docteur en droit, 58, rue d'Archis, à Liége.

45 BOURGOIGNIE, Léonce, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 29, Marché aux-Avoines, à Hasselt.

46 BRADFER, Robert, Garde général adjoint des Eaux et Forêts, à Brée par Tongres.

47 ** BRANNER, John Casper, Ph. D. Ll. D., Professor of Geology and Vice-President Stanford University, California, U. S. A.

48 BRICHAUX, A., Chimiste à la Société Solvay, 12, avenue Hamoir, à Uccle.

49 BRIEN, Victor, Ingénieur à l'Administration des Mines, 10, boulevard Léopold, à Namur.

50 BRIQUET, Abel, licencié ès lettres, avocat à la Cour d'appel, 49, rue Jean de Bologne, à Douai.

51 BURROWS, Henry William, Architecte, 17, Victoria Street, Westminster, London S. W.

52 BUTTGENBACH, H., Ingénieur-Directeur des Mines de l'État Indépendant du Congo, 121, rue Gachard, à Bruxelles.

53 CAMBIER, R., Ingénieur aux Charbonnages Réunis de Charleroi, 6, rue du Laboratoire, à Charleroi.

54 CAMERMAN, Émile, Ingénieur-Chimiste, 31, square Gutenberg, à Bruxelles.

55 CAMPION, Maurice, Ingénieur des arts et manufactures, Directeur de la Société d'Électricité du Bassin de Charleroi, à Roux.

56 * CAREZ, Léon, Docteur ès sciences, ancien Président de la *Société géologique de France*. 18, rue Hamelin, à Paris (XVI).

57 CARTON, Léonard, Ingénieur-Constructeur, 41, rue du Chambge, à Tournai.

58 CASSE, Alphonse, Ingénieur civil, 157, rue de Livourne, à Bruxelles.

59 * CAUDERLIER, Gustave, Industriel, 221, chaussée de Vleurgat, à Bruxelles.

60 CAVALLIER, Directeur des hauts fourneaux et fonderies de Pont-à-Mousson (Meurthe-et-Moselle).

61 CAYEUX, L., Docteur en sciences, Professeur à l'*Institut national agronomique*, 6, place Denfert, à Paris.

62 CENTNER, Paul, Ingénieur (de la firme R. Centner et fils), à Verviers.

63 CHABAL, Henry, Ingénieur, 33, rue de Longchamps, à Paris.

64 CHEVAL, V., Docteur, 27, rue du Trône, Ixelles lez-Bruxelles.

65 COBBAERT, G., 82, rue Longue, à Ostende.

66 COBBAERT, Louis, Industriel, à Ninove.

67 COGELS, P., Géologue, au Château de Boeckenberg, à Deurne (Anvers).

68 COMPAGNIE INTERCOMMUNALE DES EAUX, 48, rue du Trône, à Bruxelles. (*Délégué :* M. M. Van Meenen.)

69 COOREMAN, T., Ingénieur, 48, avenue du Midi, à Bruxelles.

70 CORDEWEENER, Jules, Ingénieur, Banque Nationale, à Ath.

71 CORNET, J., Dr ès sciences, Professeur de géologie à l'École des Mines de Mons, 86, boulevard Dolez, à Mons.

72 COSSOUX, Léon, Ingénieur civil, ex-Ingénieur du Gouvernement russe au Caucase, 34, rue de Bériot, à Saint-Josse-ten-Noode lez-Bruxelles.

73 CUAU, Charles, Ingénieur civil des Mines, Directeur technique de la Cie française des carbures de Séchilienne (Isère), Ingénieur-Conseil de la Cie des Eaux de Rambouillet, 17, boulevard Pasteur, à Paris.

74 * CUMONT, Georges, Avocat près la Cour d'appel, 19, rue de l'Aqueduc, à Ixelles lez-Bruxelles.

75 CUVELIER, Eugène, Capitaine commandant du Génie, Professeur à l'École Militaire, 43, rue Keyenveld, à Ixelles lez-Bruxelles.

76 CUYLITS, Jean, Docteur en médecine, 44, boulevard de Waterloo, à Bruxelles.

77 DAIMERIES, A., Professeur à l'Université libre, 4, rue Royale, à Bruxelles.

78 DAPSENS, Directeur-Propriétaire de carrières, à Yvoir lez-Dinant.

79 * DAUTZENBERG, Phil., Paléontologiste, Président de la *Société royale zoologique et malacologique de Belgique*, 213, rue de l'Université, à Paris (VII).

80 DAVAL, J., ancien Greffier du Tribunal de commerce, Abbaye Saint-Pantaléon à Saint-Dizier, Haute-Marne (France).

81 DE BAUVE, Inspecteur de l'École des Ponts et Chaussées, 28, rue des Saints-Pères, à Paris (VII).

82 DE BROUWER, Michel, Ingénieur-assistant au Service géologique de Belgique, 2, rue Latérale, à Bruxelles.

83 DE BUSSCHERE, A., Conseiller à la Cour d'appel, 82, rue Mercelis, à Ixelles.

84 DE CORT, Hugo, Secrétaire général de la *Société royale zoologique et malacologique de Belgique*, rue d'Holbach, à Lille (France).

85 DE GRAEF, Joseph, Transporteur maritime, 21, rue Oudenkoven, à Borgerhout lez-Anvers.

86 DEJARDIN, L., Directeur des Mines, 102, rue Franklin, à Bruxelles.

87 DELADRIER, Émile, Docteur en sciences, 135, rue Royale, à Bruxelles.

88 DELÉPINE, G., Maître de conférence à la Faculté libre des sciences, 41, rue du Port, à Lille.

89 DELHEID, Ed., Paléontologiste, 63, rue Veydt, à Ixelles lez-Bruxelles.

90 * DELECOURT-WINCQZ, Jules, Ingénieur-Conseil de la Compagnie Internationale de recherches de mines et d'entreprises de sondage, 16, rue de la Pépinière, à Bruxelles.

91 DENIL, Gustave, Ingénieur des Ponts et Chaussées, 105, boulevard de l'Hôpital, à Mons.

92 DE RAECK, Léon, Ingénieur civil des Mines, 245, avenue d'Auderghem, à Bruxelles.

93 DEROOVER, G., Capitaine commandant du Génie, à Niel lez-Boom.

94 DE SCHRYVER, Ferdinand, Ingénieur en chef, Directeur des Ponts et Chaussées, 29, rue du Prince Royal, à Ixelles lez-Bruxelles.

95 ** DESPRET, Édouard, Directeur général de la Société générale pour favoriser l'industrie nationale, 49, rue de Trèves, à Bruxelles.

96 DETHY, Théophile, Ingénieur des Ponts et Chaussées, 48, rue du Pépin, à Namur.

97 DEULIN, Nestor, Ingénieur, à Marcinelle.

98 DE VISSCHER, J., Ingénieur agricole, 41, rue des Francs Bourgeois, à Paris.

99 DEVREUX, E., Architecte, Échevin des Travaux publics, 25, rue du Pont-Neuf, à Charleroi.

100 DIDION, J., Constructeur d'appareils de sondages, 32, rue de Joncker, à Saint-Gilles lez-Bruxelles.

101 DIENERT, Frédéric-Vincent, Docteur ès sciences, Chef du service local de surveillance des sources de la ville de Paris, 8, place de la Mairie, à Saint-Mandé (Seine).

102 DOAT, Ingénieur, Directeur de la Compagnie générale des Conduites d'eau, aux Vennes, à Liége.

103 DOLLO, Louis, Ingénieur civil, Conservateur du Musée royal d'histoire naturelle, 31, rue Vautier, à Bruxelles.

104 DONEUX, Lieutenant-Colonel du Génie, en retraite, 11, quai de Fragnée, à Liége.

105 DORLODOT (Chanoine Henry DE), Professeur à l'Université catholique, 44, rue de Bériot, à Louvain.

106 DOUVILLÉ, Henri, Ingénieur en chef des Mines, Professeur de Paléontologie à l'École des Mines, 207, boulevard Saint-Germain, à Paris (VII).

107 DUBOIS, Eugène, Professeur de Géologie et de Paléontologie à l'Université d'Amsterdam, Conservateur au Musée Teyler de Haarlem, 45, Zylweg, à Haarlem.

108 DUMONT, André, Professeur d'exploitation des Mines, à l'Université de Louvain.

109 ** DUPONT, Édouard, Directeur du Musée royal d'histoire naturelle de Belgique, 31, rue Vautier, à Ixelles lez-Bruxelles.

110 * DURAFFOUR, Ferdinand, Entrepreneur de sondages, à Tournai.

111 DURIEUX, Charles, Ingénieur agricole, 204, rue Royale Sainte-Marie, à Schaerbeek.

112 DUTERTRE, Émile, Docteur en médecine, 12, rue de la Coupe, à Boulogne-sur-Mer (Pas-de-Calais), France.

113 DUYK, Chimiste au Ministère des Finances, avenue de Solbosch, à Bruxelles.

114 ENGERRAND, Georges, 35, rue Ernest Allard, à Bruxelles.

115 ERENS, Alphonse, Docteur en sciences naturelles, Villa Strabbeek, à Houthem, près Fauquemont (Limbourg hollandais)

116 * FALK, Henry, Libraire-Éditeur, 15-17, rue du Parchemin, à Bruxelles.

117 * FÉLIX, J., Docteur en médecine, 413, avenue Louise, à Bruxelles.

118 * FENDIUS, Émile, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, à Liége.

119 FICHEFET, E., Entrepreneur, Membre de la Chambre des Représentants, 2, avenue de Tervueren, à Bruxelles.

120 FIEVEZ, Ch., Trésorier de la *Société belge d'astronomie*, 43, Trois Tilleuls, à Boitsfort (Brabant).

121 FISCH, A., 70, rue de la Madeleine, à Bruxelles.

122 FLAMACHE, A., Ingénieur, 16, square Gutenberg, à Bruxelles.

123 FLÉBUS, Alexandre, Étudiant, 69, boulevard Léopold, à Anvers.

124 FOURNIER, dom Grégoire, Professeur à l'Abbaye de Maredsous, à Maredret-Sosoye (Namur).

125 FOURNIER, Professeur à la Faculté des sciences de l'Université de Besançon (Doubs).

126 * FRANÇOIS, Christophe, Ingénieur, 122, avenue de la Couronne, à Ixelles lez-Bruxelles.

127 FRANCQ, Alfr., Ingénieur, Sous-Lieutenant de réserve du Génie, 3, rue du Méridien, à Saint-Josse-ten-Noode lez-Bruxelles.

128 * FRIEDRICHS, H., 4, rue de Naples, à Ixelles lez-Bruxelles.

129 * FRIREN, Auguste, Professeur au Petit-Séminaire, à Montigny lez-Metz (Alsace-Lorraine).

130 FRITSCH, Dr Ant., Professeur à l'Université de Prague, 66, Wenzelplatz, à Prague.

131 GERARD, L., Ingénieur-Électricien, ancien Professeur à l'Université, 102, avenue de Tervueren, à Bruxelles.

132 GHILAIN, Philibert, Ingénieur en chef, Directeur de service aux Chemins de fer de l'État, 70, rue Vander Schrick, à Saint-Gilles lez-Bruxelles.

133 ** GIBBS, William, B., Membre de diverses Sociétés savantes, Thornton, Beulah Hill, Upper Norwood, à Londres.

134 GILBERT, Théod., A.-F., Docteur en médecine, 26, avenue Louise, à Bruxelles.

135 GILLET, Ingénieur de la Résidence royale, 215, avenue de la Reine, à Laeken.

136 GILSON, G., Professeur à l'Université catholique, 95, rue de Namur, à Louvain.

137 GOBLET D'ALVIELLA (comte Eugène), Propriétaire, au château de Court-Saint-Étienne, et 10, rue Faider, à Bruxelles.

138 GODY, Professeur à l'École Militaire, 85, rue du Viaduc, à Ixelles lez-Bruxelles.

139 GOLDSCHMIDT, Paul, Ingénieur, 17, rue des Deux-Églises, à Bruxelles.

140 GOLDSCHMIDT, Robert, Docteur en sciences, 54, avenue des Arts, à Bruxelles.

141 GOORMAGHTIGH, Gustave, Ingénieur, à Saint-Symphorien, 16, boulevard Baudouin, à Mons.

142 ** GOTTSCHE, Karl, Docteur en philosophie, Conservateur au Musée d'histoire naturelle, à Hambourg.

143 GRÉGOIRE, Achille, Ingénieur agricole, Chef de service à l'Institut chimique et bactériologique de l'État, à Gembloux.

144 GREINDL (Bon), Capitaine d'État-Major, Professeur à l'École de guerre, 19, rue Tasson-Snel, à Bruxelles.

145 ** GREINER, Ad., Directeur général de la Société Cockerill, à Seraing.

146 GROSSOUVRE (A., DE), Ingénieur en chef des Mines, à Bourges (France).

147 GUEQUIER, J., Docteur en sciences naturelles, Préparateur au laboratoire des sciences naturelles de l'Université de Gand, 13, rue de la Sauge, à Gand.

148 * HABETS, Alfred, Ingénieur, Professeur à l'Université de Liége, 3, rue Paul Devaux, à Liége.

149 HABETS, P., Directeur-Gérant de Charbonnage, 33, Avenue Blonden, à Liége.

150 HAINAUT, Edgard, Ingénieur des Ponts et Chaussées, 45, chaussée de Lille, à Tournai.

151 HALET, Franz, Ingénieur agricole, 5, rue Simonis, à Saint-Gilles-Bruxelles.

152 HANNON, Ed., Ingénieur, rue de la Concorde, 43, à Ixelles lez-Bruxelles.

153 HANKAR-URBAN, Albert, Ingénieur, 15, rue Montoyer, à Bruxelles.

154 HANREZ, Prosper, Ingénieur, 190, chaussée de Charleroi, à Bruxelles.

155 HANS, J., Ingénieur civil, 119, rue du Commerce, à Bruxelles.

156 HARDENPONT, L., ancien Sénateur, rue du Mont-de-Piété, à Mons.

157 HARZÉ, Ém., Directeur général honoraire des Mines 213, rue de la Loi, à Bruxelles.

158 HASSE, Georges, Étudiant, 58, rue Ozy, à Anvers.

159 HAUZEUR, Pierre, Industriel, à Ensival.

160 HAVERLAND, Eug., à Virton (Luxembourg).

161 HEMRICOURT DE GRUNNE (Eugène de), château d'Ophem, par Wesembeek (Brabant).

162 HENRICOT, Émile, Industriel, Sénateur, à Court-Saint-Étienne.

163 HERMAN, Directeur de l'Institut bactériologique provincial, 13, rue des Sars, à Mons.

164 HERMANS, Jean-Baptiste, Ingénieur en chef, Chef de service aux Voies et Travaux, Avenue des Voyageurs, 36, à Arlon.

165 HEUSEUX, L., Ingénieur, Directeur-Gérant des Charbonnages de Courcelles-Nord, à Courcelles.

166 HOLZAPFEL, Dr Édouard, Professeur à l'École technique supérieure, 51, Büchel, à Aix-la-Chapelle.

167 HOUBA, L., Secrétaire communal de la Résidence royale de Laeken, 159, rue Thielemans, à Laeken.

168 ** HOUZEAU DE LEHAIE, Auguste, Sénateur, Président de la *Société royale belge de Géographie*, Château de l'Ermitage, à Mons.

169 * IDIERS, Fernand, Industriel, à Auderghem.

170 IMBEAUX, Directeur du Service municipal, 9*bis*, rue du Montet, à Nancy.

171 ITHIER, Gaston, Sous-Lieutenant du Génie, à Anvers.

172 JACOBS, Fernand, Président de la *Société belge d'Astronomie*, rue des Chevaliers, 21, à Bruxelles.

173 * JACQUES, Victor, Docteur en médecine, Secrétaire général de la *Société d'Anthropologie de Bruxelles*, 36, rue de Ruysbroeck, à Bruxelles.

174 JANET, Charles, Ingénieur des Arts et Manufactures, Dr ès sciences, ancien Président de la *Société zoologique de France*, 71, rue de Paris, à Voisinlieu, près Beauvais (France).

175 JANET, Léon, Ingénieur en chef au Corps des Mines, 87, boulevard Saint-Michel, à Paris (V).

176 JANSON, Paul, Avocat, Membre de la Chambre des Représentants, 73, rue De Facqz, Bruxelles.

177 JAQUET, Fernand, Étudiant à l'École polytechnique de l'Université libre, 10, rue d'Écosse, à Bruxelles.

178 JÉROME, Alex., Professeur à l'Athénée, Secrétaire général de la *Société géologique de Luxembourg*, 59, rue Saint-Jean, à Arlon.

179 JOHNSTON-LAVIS, H.-J., Professeur agrégé de l'Université royale de Naples, à Beaulieu (Alpes-Maritimes, France).

180 JOTTRAND, Gustave, Avocat, ancien Représentant, 39, rue de la Régence, à Bruxelles.

181 KAISIN, Félix, Docteur en sciences naturelles, Professeur à l'Université de Louvain.

182 KEMNA, Ad., Directeur de la Société anonyme des Travaux d'eau, 6, rue Montebello, à Anvers.

183 KERCKHOVE (DE), Oswald, ancien Représentant, 5, rue Digue-de-Brabant, à Gand.

184 KERSTEN, Joseph, Ingénieur, Inspecteur général des Charbonnages patronnés par la *Société générale pour favoriser l'industrie nationale*, 32, rue Neufchatel, Saint-Gilles lez-Bruxelles.

185 KESTENS, Capitaine d'artillerie adjoint d'État-Major, 216, chaussée de Wavre, à Ixelles lez-Bruxelles.

186 * KOCH, Dr Phil., Géologue du Service royal géologique de Prusse, 44, Invalidenstrasse, à Berlin N.

187 * KOKEN, Ernest, Dr Phil., Professeur de géologie à l'Université de Tübingen.

188 KONTKOWSKI (DE), Eugène, Colonel du Génie, Ingénieur en chef des phares de la mer Baltique et du port de Reval, 56, Fontanza, à Saint-Pétersbourg.

189 KOTSOWSKY, N., Ingénieur-Professeur à l'Institut des Mines, Saint-Pétersbourg.

190 KRANTZ, Fritz, Dr Phil., Propriétaire du Comptoir minéralogique rhénan, 36, Herwarthstrasse, à Bonn-s/Rhin.

191 KRENDEFF, Assain, Ingénieur des Arts et Manufactures, 33, rue de Vienne, à Ixelles.

192 KRUSEMAN, Henri, Ingénieur, rue Africaine, 24, Bruxelles.

193 * KUBORN, Hyacinthe, D. M., membre titulaire de l'Académie royale de médecine, Professeur d'hygiène à l'École normale, Président de la *Société de médecine publique*, 33, rue de Colard, à Seraing.

194 LAGRANGE, Eug., Professeur à l'École Militaire, 60, rue des Champs-Élysées, Ixelles lez-Bruxelles.

195 LAHAYE, Charles, Ingénieur en chef, Directeur des Ponts et Chaussées, 23, rue Léon Castilhon, à Arlon

196 LAMBERT, Guillaume, Ingénieur, 41, boulevard Bischoffsheim, à Bruxelles.

197 LAMBERT, Paul, Propriétaire, 11, place de la Liberté, à Bruxelles.

198 LAMBIOTTE, Directeur-Gérant de la Société anonyme des Charbonnages Réunis de Roton-Farciennes, etc., à Tamines.

199 LAMEERE Auguste, Professeur à l'Université libre 10, avenue du Haut-Pont, à Bruxelles.

200 LAMPE, D., Ingénieur civil, 123, avenue de la Toison d'Or, à Bruxelles.

201 LANCASTER, Albert, Membre de l'Académie royale des sciences, Directeur du Service météorologique à l'Observatoire royal, 297, avenue Brugmann, à Uccle.

202 LARMOYEUX, Ernest, Ingénieur principal des Mines, 7, rue du Bailli, à Bruxelles.

203 LATINIS, Léon, Ingénieur-Expert, à Seneffe.

204 LATINIS, Victor, Ingénieur civil, 78, rue Wilson, à Saint-Josse-ten-Noode lez-Bruxelles.

205 LAUR, Francis, Ingénieur civil des Mines, 26, rue Brunel, à Paris (XVII).

206 LE BON, Henri, Avocat-Avoué, 80, rue Mercelis, à Bruxelles.

207 LECHIEN, Adolphe, Ingénieur en chef, Directeur de service aux Chemins de fer de l'État, 32, rue Botanique, à Bruxelles.

208 ** LE COUPPEY DE LA FOREST, M., Ingénieur-agronome, Ingénieur des améliorations agricoles, Collaborateur auxiliaire à la Carte géologique de France, 60, rue Pierre-Charron, à Paris (VIII).

209 LEFEBVRE, Jules, Sous-Lieutenant à l'École d'application, à Bruxelles.

210 LEGRAND, Ingénieur en chef, Directeur des travaux des Charbonnages Réunis, 52, rue Roton, à Charleroi.

211 LEGRAND, Charles, Ingénieur-Conseil, 47, rue des Palais, à Bruxelles.

212 LEJEUNE DE SCHIERVEL, Ch., Ingénieur, 23, rue du Luxembourg, à Bruxelles.

213 LEMAIRE, Emmanuel, Ingénieur au Corps des Mines, 116, boulevard Charles Sainctelette, à Mons.

214 ** LE MARCHAND, Augustin, Ingénieur civil, 2, rue Traversière, aux Chartreux, à Petit-Quévilly (Seine-Inférieure), France.

215 * LEMONNIER, Alfred, Ingénieur, 60, boulevard d'Anderlecht, à Bruxelles.

216 LENTZ, Docteur en médecine, Directeur de l'Asile des aliénés de l'État belge, à Tournai.

217 LERICHE, Préparateur à la Faculté des sciences de l'Université de Lille, 159, rue Brûle-Maison, à Lille (France).

218 LIMBURG-STIRUM (Cte Ad. DE), Membre de la Chambre des Représentants, 23, rue du Commerce, à Bruxelles.

219 LIPPMANN, Édouard, Ingénieur civil, Entrepreneur de puits artésiens et sondages, 47, rue de Chabrol, à Paris (X).

220 LOË (le Bon Alfred DE), Conservateur des Musées royaux des arts décoratifs et industriels, Secrétaire général de la *Société d'Archéologie de Bruxelles*, 82, avenue d'Auderghem, à Etterbeek lez-Bruxelles.

221 * LONQUÉTY, Maurice, Ingénieur civil des Mines, 16, place Malesherbes, à Paris.

222 LOPPENS, Georges, Ingénieur honoraire des Ponts et Chaussées, 191, rue d'Espagne, à Bruxelles.

223 LUCAS, Walthère, Chimiste, 54, rue Berckmans, à Saint-Gilles lez-Bruxelles.

224 MABILLE, Valère, Industriel, à Mariemont.

225 MAILLIEUX, Eugène, à Couvin.

226 MALAISE, Constantin, Membre de l'Académie royale des Sciences, Vice-président de la Commission géologique, Professeur émérite à l'Institut agricole de l'État, rue Latérale, à Gembloux.

227 MARBOUTIN, Félix, Chef-adjoint du Service chimique de l'Observatoire de Montsouris, 78, boulevard Saint-Michel, à Paris (VI).

228 MARGERIE (Emmanuel DE), Géologue et Géographe, ancien Président de la *Société géologique de France*, 44, rue de Fleurus, à Paris (VI).

229 MASSAU, Junius, Ingénieur principal des Ponts et Chaussées, Professeur à l'Université, 22, rue Marnix, à Gand.

230 MASSON, Ch., Directeur du Laboratoire d'analyses de l'État belge, à Gembloux.

231 MATHIEU, Émile, Capitaine du Génie, Répétiteur à l'École Militaire, 91, chaussée Saint-Pierre, à Bruxelles.

232 MÉLOTTE, J., Ingénieur des Ponts et Chaussées, 67, rue Conscience, à Anvers.

233 MESENS, Ed., Sénateur, 79, rue des Rentiers, à Etterbeek lez-Bruxelles.

234 MESSENS, Ingénieur des Mines de la Vieille-Montagne, à Baelen-Wezel (Anvers).

235 MEUNIER, Em., Négociant en charbon, à Crépy-en-Valois (France).

236 MIEG, Mathieu, Rentier, 48, avenue de Modenheim, à Mulhouse (Alsace).

237 MOENS, Jean, F.-J., à Lede, près d'Alost.

238 MOLENGRAAFF, Dr G.-A.-F., Géologue de l'État de la République Sud-Africaine du Transvaal, 8, Dennelaan, à Hilversum (Pays-Bas).

239 MONGENAST, Charles, ancien Officier d'artillerie, Professeur de mathématiques supérieures, 20, rue du Couloir, à Ixelles-Bruxelles.

240 MONNOYER, Léon, Président de la Chambre syndicale des matériaux de construction, 409, avenue Louise, à Bruxelles.

241 MONNOYER, Marcel, Entrepreneur de travaux publics, 41, rue Gachard, à Bruxelles.

242 MONTAG, Émile, Employé de commerce, 4, Queens Road, à Rockferry Cheshire, Angleterre.

243 ** MONTEFIORE-LEVI, G., ancien Sénateur, 35, rue de la Science, à Bruxelles.

244 MONTHAYE, Major, Chef d'état-major de la deuxième circonscription militaire, à Anvers.

245 MOREAU, Ingénieur en chef du service technique provincial, rue des Douze-Apôtres, à Bruxelles.

246 MOURLON, M., Membre de l'Académie royale des sciences, Directeur du *Service géologique de Belgique*, 107, rue Belliard, à Bruxelles.

247 * MUNCK (Émile DE), Artiste peintre, membre de diverses Sociétés savantes, Villa de Val-Marie, à Saventhem.

248 NAVEZ, L., Homme de lettres, 162, chaussée de Haecht, à Bruxelles.

249 NICKLÈS, René, Professeur-adjoint à la Faculté des sciences (Université de Nancy), 27bis, rue des Tiercelins, à Nancy (France).

250 NICOLIS, Enrico (Chevalier), Corte Quaranto, à Vérone.

251 ** NOETLING, Fritz, Docteur en philosophie, Paléontologiste, 19, Bismarkstrasse, à Baden-Baden.

252 NOURTIER, Édouard, Ingénieur-Directeur du service municipal des eaux de Roubaix et de Tourcoing, 147, rue de Lille, à Tourcoing (France).

253 OEBBEKE, C., Professeur au Laboratoire minéralogique et géologique de l'École technique des Hautes-Études, à Munich.

254 OEHLERT, D.-P., Correspondant de l'Institut de France, Conservateur du Musée d'histoire naturelle, 29, rue de Bretagne, à Laval (Mayenne), France.

255 OPPENHEIM, P., Docteur en philosophie, Kantstrasse, 158[1], Charlottenburg, près Berlin.

256 PAQUET, Gérard-Th., Capitaine retraité, 74, chaussée de Forest, à Saint-Gilles lez-Bruxelles.

257 PARMENTIER, Gustave, Sous-Lieutenant au 4e Régiment d'artillerie, École d'équitation, à Ypres.

258 * PASSELECQ, Albert, Ingénieur, Directeur du Charbonnage du Midi de Mons, 54, rue du Hautbois, à Mons.

259 PAULIN-BRASSEUR, Industriel, à Couillet (Hainaut).

260 PAVLOV, A.-B., Professeur à la Haute-École des ingénieurs et géologues du Comité géologique, Dolgorukovskaja, 6, Minssky proiezd, maison Soloview, N. 9, à Moscou (Russie).

261 PELLAT, Ed., Inspecteur général honoraire des Services administratifs du Ministère de l'Intérieur, 19, avenue du Maine, à Paris (XV).

262 PENY, Éd., Ingénieur, Administrateur des Charbonnages de Mariemont et Bascoup, à Morlanwelz.

263 * PERGENS, Édouard, Docteur en médecine, 6, rue de Heppeneert, à Maeseyck.

264 PIÉRET, Victor, Directeur de carrière, 19, rue des Deux-Églises, à Bruxelles.

265 PIERPONT (Édouard DE), au château de Rivière, à Profondeville-s/Meuse.

266 * PIERRE, Gustave, Industriel, 31, rue de Ruysbroeck, à Bruxelles.

267 * PIRET, Adolphe, Directeur du *Comptoir belge de géologie et de minéralogie*, Palais Saint-Jacques, à Tournai.

268 PITTOORS, J., Lieutenant-Colonel du Génie, 39, avenue Cogels, à Anvers.

269 PLUMAT, Polycarpe, Ingénieur, à Hornu (Hainaut).

270 POIRY, Célestin, Maître de carrières, 225, avenue Louise, à Bruxelles.

271 POLAK, Gaston, Ingénieur civil des Mines, 112, avenue de la Toison d'Or, à Bruxelles.

272 POLIS, P., Directeur de la Station météorologique centrale, 29, Alphonsstrasse, à Aix-la-Chapelle.

273 PONCIN, Jean, 66, rue des Minières, à Verviers.

274 PORTIS, Alessandro, Professeur de géologie et paléontologie à l'Université de Rome; Musée géologique de l'Université, à Rome.

275 POSKIN, Dr Achille, 15, avenue du Marteau, à Spa.

276 POURBAIX-LEDUNE, Ingénieur-Hydrologue, rue Verte, 10, à Mons.

277 PRINZ, Wilhelm, Assistant à l'Observatoire royal, Professeur de géologie à l'Université libre de Bruxelles, 5, avenue du Haut-Pont, à Bruxelles.

278 PROOST, A., Directeur général de l'Agriculture, 3, rue Beyaert, à Bruxelles.

279 PUECH, Armand, à Mazamet (Tarn-France).

280 * PUTTEMANS, Charles, Professeur de chimie à l'École industrielle, 9, rue Van Bemmel, à Saint-Josse-ten-Noode lez-Bruxelles.

281 PUTZEYS, E., Ingénieur en chef des Travaux de la Ville, 8, avenue de la Renaissance, à Bruxelles.

282 PUTZEYS, le Dr F., Professeur d'hygiène à l'Université de Liége, 1, rue Forgeur, à Liége.

283 RABOZÉE, H., Capitaine du Génie, Professeur à l'École Militaire, 18, rue du Conseil, à Ixelles lez-Bruxelles.

284 RAEYMAECKERS, Désiré, Médecin militaire au 1er Régiment de ligne, 303, boulevard des Hospices, à Gand.

285 RAMOND, G., Assistant de géologie au Muséum d'histoire naturelle (Paris), 18, rue Louis-Philippe, à Neuilly-sur-Seine (Seine), France.

286 ** REID, Clément, F.-G.-S., Attaché au Service géologique de la Grande-Bretagne, 26, Jermyn-Street, London S. W.

287 RICHERT, J. Gust., Ingénieur consultant, Birger Jarlsgatan, 13, à Stockholm.

288 ROBERT, Paul, Ingénieur aux Chemins de fer de l'État belge, 7, rue Saint-Bernard, à Bruxelles.

289 ROELOFS, Paul, Industriel, 3, rue des Tanneurs, à Anvers.

290 ROERSCH, L., Ingénieur honoraire des Mines, 124, avenue Brugmann, à Bruxelles.

291 ROLLAND, Émile, Industriel, 39, rue André Masquelier, à Mons.

292 ROSÉE, (Frédéric DE), Château de Moulins, par Yvoir.

293 ** RUTOT, Aimé, Ingénieur honoraire des Mines, Géologue, Conservateur du Musée royal d'histoire naturelle de Belgique, 177, rue de la Loi, à Bruxelles.

294 SALMON, Ingénieur de la ville de Bruges, à Bruges.

295 SCHACK DE BROCKDORF, Frédéric, G., Consul général de S. M. le Roi de Danemark, à Anvers.

296 SCHARDT, Professeur de géologie, à Veytaux (Lac de Genève-Suisse).

297 SCHMITZ, le R. P. Gaspar, S.-J., Directeur du *Musée géologique des Bassins houillers belges*, à Louvain. (Adresse : Musée Houiller, Louvain.)

298 SCHMITZ, Th., Ingénieur civil des Mines, 58, rue Saint-Joseph, à Anvers.

299 SCHOOFS, le Dr François, 86, rue des Guillemins, à Liége.

300 SCHROEDER VAN DER KOLK, J.-L.-C., Docteur en médecine, Professeur de minéralogie et de géologie, Columbusstraat, 112, à La Haye (Hollande).

301 SCHULZ-BRIESEN, Ingénieur honoraire des Mines, Directeur général honoraire des Charbonnages de Dahlbusch, 19, Schillerstrasse, à Düsseldorf.

302 ** SELYS LONGCHAMPS (Walter DE), Docteur en droit, Sénateur, à Halloy (Ciney).

303 * SEMET-SOLVAY, Louis, Ingénieur, 217, chaussée de Vleurgat, à Ixelles lez-Bruxelles.

304 * SEMPER, J.-Otto, au Musée d'histoire naturelle de Hambourg, 52, S. Benedicktstrasse, à Hambourg.

305 SENZEILLES (Baron DE), au Château-Fontaine, par Anthée, province de Namur.

306 SEULEN, F., Architecte principal à l'Administration des Chemins de fer de l'État belge, 20, rue du Progrès, à Bruxelles-Nord.

307 SEVEREYNS, G., Industriel, 103, rue Gallait, à Bruxelles.

308 SILVERYZER (l'abbé), Professeur au Collège Saint-Joseph, à Hasselt.

309 SIMOENS, G., Docteur ès sciences minérales, 2, rue Latérale, à Bruxelles.

310 SIX-SENÉLAR, Émile, Ingénieur des arts et manufactures, à Warneton.

311 SLAGHMUYLDER, Charles, Ingénieur aux Chemins de fer de l'État, 67, rue Saint-Bernard, à Saint-Gilles lez-Bruxelles.

312 SMETS, G. (l'Abbé), Inspecteur diocésain, 26, rue Fabry, à Liége.

313 ** SOCIÉTÉ ANONYME DE MARCINELLE ET COUILLET (Charbonnage de Marcinelle-Nord), à Marcinelle (Charleroi), Directeur-Gérant, M. Nestor EVRARD (délégué).

314 ** SOCIÉTÉ ANONYME DES CHARBONNAGES, HAUTS FOURNEAUX ET USINES DE STRÉPY-BRAQUEGNIES, Directeur-Gérant, M. Amour SOTTIAUX (délégué), à Strépy-Braquegnies.

315 SOLVAY, Ernest, Industriel, rue des Champs-Élysées, 45, à Ixelles lez-Bruxelles.

316 SOMZÉE, Côme (DE), Ingénieur, 22, rue des Palais, à Schaerbeek lez-Bruxelles.

317 SPYERS, A., Docteur en médecine, 84, rue Bréderode, à Anvers.

318 SQUILBIN, Henri, Ingénieur, 201, avenue du Sud, à Anvers.

319 STAINIER, X., Membre de la Commission géologique de Belgique, Professeur de géologie à l'Université de Gand.

320 STEFANESCU, Gregoriù, Professeur de géologie à l'Université, Directeur du Bureau géologique, 8, Strada Verde, à Bucarest.

321 STEVENSON, J.-J., Professeur à l'Université de New-York, University Heights, à New-York-City.

222 STORMS, Ernest, Ingénieur, Entrepreneur de travaux publics, 6, rue du Receveur, à Bruges.

223 STRAET, Louis, Propriétaire, au château de Geet-Betz lez-Diest.

324 TERLINDEN, ancien Sénateur, 271, rue Royale, à Bruxelles.

325 THOMAES, Oscar, Industriel, rue au Vin, à Renaix.

326 TIHON, F., Docteur en médecine, à Theux (province de Liége).

327 TOURNAI (Administration communale de la Ville de).

328 TOUSSAINT, G., Sous-Lieutenant d'artillerie en congé, à Quenast.

329 TRULMANS, Henry, Ingénieur-Inspecteur du service des eaux de la Ville, 12, rue d'Arenberg, à Bruxelles.

330 UHLENBROEK, G.-D., Ingénieur, à Bloemendaal (Hollande).

331 URBAN, Ad., Directeur de la Compagnie des Carrières de Quenast, 17, place de l'Industrie, à Bruxelles.

332 VAES, Henri, Ingénieur, 130, rue de la Loi, à Bruxelles.

333 VAN BELLINGEN, Constant, Ingénieur, 70, rue Montoyer, à Bruxelles.

334 VAN BOGAERT, Clément, Ingénieur aux Chemins de fer de l'État, 88, rue Wilson, à Bruxelles.

335 VAN CALCKER, Dr F. J. P., Professeur à l'Université de Groningue (Pays-Bas).

336 VAN DE CASTEELE, A., Conducteur des Ponts et Chaussées, à Blankenberghe.

337 ** VAN DEN BROECK, Ernest, Géologue, Conservateur du Musée royal d'histoire naturelle de Belgique, Membre du Conseil de Direction de la Carte géologique du Royaume, 39, place de l'Industrie, à Bruxelles.

338 VANDENPERRE, Directeur-Gérant des Brasseries Artois, à Louvain.

339 VAN DEN STEEN DE JEHAY, Comte F., château de Bassinnes, par Havelange et Légation de Belgique, à Constantinople.

340 VANDERKINDERE, Léon, Professeur à l'Université libre de Bruxelles, 51, avenue des Fleurs, à Uccle.

341 VAN DER POORTEN, L., Photograveur, 19, rue de la Prospérité, à Molenbeek-St-Jean lez-Bruxelles.

342 VAN DER SCHUEREN, Pierre, Ingénieur des Ponts et Chaussées, 9, rue du Jardin, à Ostende.

343 VAN DE WIELE, Dr C., 27, boulevard Militaire, à Ixelles lez-Bruxelles.

344 VAN DE WOUWER, 11, rue des Cinq-Coins, à Berchem-Anvers.

345 VAN ERTBORN (le Baron O.), 32, rue d'Espagne, à Saint-Gilles lez-Bruxelles.

346 VAN HOEGAERDEN, Paul, Conseiller provincial, 7, boulevard d'Avroy, à Liége.

347 VAN MEURS, Ingénieur en chef des travaux de la Ville de Mons, 2, rue des Tuileries, à Mons.

348 VAN MIERLO, J.-C., Ingénieur à la Compagnie internationale des Wagons-Lits et des Grands Express européens, 74, avenue de la Reine, à Ostende.

349 VAN OVERLOOP, Eugène, Conservateur en chef des Musées d'art industriel et décoratif, 79, avenue Michel-Ange, à Bruxelles.

350 VAN WEYENBERG, Alphonse, Capitaine-Commandant du Génie, 133, boulevard Charles Sainctelette, à Mons.

351 VAN YSENDYCK, Paul, Ingénieur, 8, avenue du Haut-Pont, à Saint-Gilles lez-Bruxelles.

352 * VÉLAIN, Charles, Professeur de géographie physique à la Faculté des sciences de l'Université de Paris, 9, rue Thénard, à Paris (V).

353 VILLAIN, François, Ingénieur des Mines, 57, rue Stanislas, à Nancy (France).

354 VOITURON, G.-J., Inspecteur au Ministère de l'Agriculture, 34, rue de la Couronne, à Bruxelles.

355 WACHSMUTH, Fréderic, 16, avenue de la Chapelle, à Berchem (Anvers).

356 WATTEYNE, V., Ingénieur en chef des Mines, Directeur au Ministère de l'Industrie et du Travail, 196, avenue de la Couronne, à Ixelles lez-Bruxelles.

357 WAUTERS, J., Chimiste de la Ville, 83, rue Souveraine, à Ixelles lez-Bruxelles.

358 WICHMANN, Arthur, Dr Phil., Professeur à l'Université d'Utrecht (Hollande).

359 WIENER, Lionel, 71, rue de la Loi, à Bruxelles.

360 WIELEMANS-CEUPPENS, Industriel, 308, avenue Van Volxem, à Forest lez-Bruxelles.

361 WILLEMS, J., Capitaine-Commandant du Génie, 174, rue Royale Sainte-Marie, à Schaerbeek lez-Bruxelles.

362 WIRTGEN, P.-J., Major en retraite, 7, avenue du Haut-Pont, à Saint-Gilles lez-Bruxelles.

363 * WITTOUCK, Paul, Industriel, 21, boulevard de Waterloo, à Bruxelles.

364 WOUTERS-DUSTIN, E., entrepreneur, 96, rue de Louvain, à Bruxelles.

365 YARZA (Adan DE), Ingénieur des Mines, Lequeitio (Vizcaya), Espagne.

366 * ZLATARSKI, Georges, Géologue, à Sofia (Bulgarie).

367 ZONE, J., Ingénieur honoraire des Ponts et Chaussées, Ingénieur principal, sous-directeur de la *Société anonyme du canal et des installations maritimes de Bruxelles,* 80, rue Froissard, à Bruxelles.

Membres Associés regnicoles.

1 AUGHUET, Charles, 124, rue des Confédérés, Saint-Josse-ten-Noode lez-Bruxelles.

2 AVANZO, E., Homme de lettres, 70, rue Veydt, à Bruxelles.

3 BOMMER, Ch., Conservateur au Jardin botanique de l'État, 47, rue Hobbema, à Bruxelles.

4 BOULENGIER, O., Docteur en médecine, 104, rue de la Croix-de-Fer, à Bruxelles.

5 BOURGEOIS, L., Comptable du Musée royal d'histoire naturelle de Belgique, 3, rue Véronèse, à Bruxelles.

6 BRUNEEL, Frédéric, Ingénieur aux Chemins de fer de l'État, Gare du Nord, à Bruxelles.

7 BYL, E., Astronome-adjoint à l'Observatoire royal, 35, rue de Portugal, à Bruxelles.

8 CHAZAL (le Baron Félix), Sous-Lieutenant de réserve au 2e régiment des Guides, 4, avenue de la Toison-d'Or, à Bruxelles.

9 COOMANS, L., Propriétaire, 3, rue des Brigittines, à Bruxelles.

10 COPPIN (le baron DE), Ingénieur, 60, rue Potagère, à Bruxelles.

11 DAUPHIN, G., Chef de bureau au Ministère des Chemins de fer, etc., 44, rue Vonck, à Schaerbeek lez-Bruxelles.

12 DEBLON, A., Ingénieur honoraire des Ponts et Chaussées, 270, avenue de Cortenberg, à Bruxelles.

13 DE BULLEMONT, Emm., 39, rue de l'Arbre-Bénit, à Ixelles lez-Bruxelles.

14 DE LIGNE, Émile, 38, boulevard du Jardin botanique, à Bruxelles.

15 DEVAIVRE, Lucien, Attaché à la Direction du Service géologique, 5, avenue Gribaumont, à Woluwe-Saint-Pierre.

16 DE VESTEL, Franz, Architecte, Professeur à l'Académie royale des Beaux-Arts, 13, rue de la Grosse-Tour, à Bruxelles.

17 DONAUX, Constant, Industriel, 13, rue Rempart des Moines, à Bruxelles.

18 DUFIEF, J., Professeur honoraire de géographie à l'Athénée royal de Bruxelles, Vice-Président de la *Société royale belge de géographie de Bruxelles,* 116, rue de la Limite, à Bruxelles.

19 DUFIEF, Jean, 116, rue de la Limite, à Bruxelles.

20 DUFOURNY, Ingénieur en chef, Directeur des Ponts et Chaussées, 29, avenue de la Brabançonne, à Bruxelles.

21 DUJARDIN, Jean, Lieutenant du Génie, 53, rue de l'Orme, à Etterbeek-Bruxelles.

22 FRAIPONT, Joseph, Ingénieur des Mines, 20, avenue des Arts, à Bruxelles.

23 GOBERT, Auguste, Ingénieur, 222, chaussée de Charleroi, à Bruxelles.

24 GOFFINET, Th., Conducteur provincial, Conducteur honoraire des Ponts et Chaussées, Commissaire voyer, à Braine-l'Alleud.

25 GOOSSENS, Ch., Directeur à l'Administration des Mines, 38, avenue de la Couronne, à Bruxelles.

26 GRANGE, Camille, Chef de Section aux Chemins de fer de l'État, 17, rue de l'Esplanade, à Bruxelles.

27 HANREZ, Georges, Ingénieur à la Société d'électricité Westinghouse, au Havre, et 190, chaussée de Charleroi, à Bruxelles.

28 HAUWAERT, M., Architecte, rue des Moulins, à Vilvorde.

29 HEGENSCHEID, Alfred, Instituteur à l'École moyenne B de Bruxelles, 30, rue Gauthier, à Molenbeek-Saint-Jean lez-Bruxelles.

30 HOUZEAU, Jean, Industriel, à Saint-Symphorien, près Mons.

31 ISABEAU, Valéry, Docteur, à la Bouverie (Hainaut).

32 JACQUES, Paul, Étudiant à l'École polytechnique de l'Université libre, 36, rue de Ruysbroeck, à Bruxelles.

33 JANSSENS, Eugène, Candidat en sciences, à Saventhem.

34 JONCKHEERE, Éd., 21, rue du Marécage, à Bruges.

35 LAMBIN, Ingénieur des Ponts et Chaussées, 31, avenue de la Brabançonne, à Bruxelles.

36 LARA (Alfred DE), Ingénieur civil, 59, rue de Ten-Bosch, à Bruxelles.

37 LECOINTE, G., Directeur scientifique du service astronomique de l'Observatoire royal de Belgique, à Uccle.

38 LUCION, René, Docteur ès sciences, 127, avenue de l'Hippodrome, à Ixelles lez-Bruxelles.

39 MALVAUX, Alfred, Héliographe, 69, rue de Launoy, à Molenbeek-Saint-Jean lez-Bruxelles.

40 MAUKELS, Architecte, 5, rue Ortélius, à Bruxelles.

41 NAVEZ, A., Chef de Section à l'Administration des Chemins de fer, rue Linnée, 48, à Bruxelles.

42 NOULET, Édouard, Industriel, à Bracquegnies (Hainaut).

43 PETIT, Julien, Peintre-Décorateur, 15, rue de Berlin, à Ixelles lez-Bruxelles.

44 PIRSCH, Léon, Chimiste à la Compagnie intercommunale des Eaux, 41, rue Rubens, à Bruxelles.

45 RAHIR, Edmond, 116, rue de la Limite, à Bruxelles.

46 RYCX, Jules, Ingénieur en chef, Directeur des Ponts et Chaussées, 148, chaussée de Charleroi, à Bruxelles (*hiver*), et Deeweg, à Uccle (*été*).

47 TACQUIN, le Dr Arthur, à Genappe.

48 THILLY, H., Architecte à l'Administration des Télégraphes, Professeur à l'École industrielle de Laeken, 17, rue de l'Archiduc Rodolphe, à Laeken.

49 THÉODOR, L., Avocat, ancien Membre de la Chambre des Représentants, 118, rue du Commerce, à Bruxelles.

50 VAN DEN BOGAERDE, H., Ingénieur aux Chemins de fer de l'État belge, 132, rue de la Loi, à Bruxelles.

51 VAN GELDER, Eugène, Artiste peintre et Homme de lettres, 79, rue Renkin, à Bruxelles.

52 VAN HALEWYCK, 41, rue Rubens, à Bruxelles.

53 VANHOVE, D., Docteur en sciences minérales, rue des Carmes, 1, à Bruges, et au Laboratoire de minéralogie de l'Université de Gand.

54 VAN LINT, Victor-J., Ingénieur civil, Inspecteur des Eaux de la Ville de Bruxelles, 73, avenue Michel-Ange, à Bruxelles.

55 VAN YSENDYCK, Maurice, Architecte, attaché à la Commission royale des monuments, 58, rue de la Source, à Saint-Gilles lez-Bruxelles.

56 VAUTHIER, Camille, au Service géologique, 2, rue Latérale, à Bruxelles.

57 VILAIN, Nestor, Lieutenant du Génie, à Anvers.

58 WALIN, Ingénieur, quai Mativa, 30, à Liége.

59 WEENS, Ingénieur en chef, Directeur de service des Chemins de fer de l'État belge, 18, rue d'Hastedon, à Namur.

60 WEYERS, J., 35, rue Joseph II, à Bruxelles.

61 WILLEMS, Léopold, Inspecteur d'assurances, 14, rue de Tilly, à Bruxelles.

Membre décédé en 1904.

H. FOUQUÉ, F., à Paris.

RÉCAPITULATION AU 17 FÉVRIER 1905.

Membre protecteur		1
Membres honoraires		40
Membres associés étrangers		21
Membres payants : 428	effectifs	367
	associés regnicoles	61
		490

COMPOSITION DU COMITÉ PERMANENT D'ÉTUDE

DES

MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION BELGES

CONSTITUÉ EN 1896

sous les auspices et parmi les membres

DE LA

SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE, DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE

(BRUXELLES)

Voir liste des membres de 1904.

LISTE DES MEMBRES

DE LA

SECTION PERMANENTE D'ÉTUDES DU GRISOU

Voir liste des membres de 1904.

ABONNÉS

AU

BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE

DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE

(BRUXELLES)

---

1 Administration des BATIMENTS CIVILS, à Bruxelles.
2 Service général des CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT, à Bruxelles.
3 INSTITUT CARTOGRAPHIQUE MILITAIRE, à La Cambre.
4 ÉCOLE DE GUERRE, à La Cambre.
5 SERVICE D'HYGIÈNE, à Bruxelles.
6 INSPECTION DU GÉNIE, à Bruxelles.
7 RÉGIMENT DU GÉNIE, à Anvers.
8 ÉCOLE NORMALE, de Bruxelles.
9 SOCIÉTÉ ANONYME DES PHOSPHATES, de la Malogne.
10 M. BÉRANGER, Libraire, à Liége.
11 BIBLIOGRAPHIE DE BELGIQUE, à Bruxelles.
12 M. DULAU, Libraire, à Londres.
13 M. Max WEG, Libraire, à Leipzig.
14 M. TWIETMEYER, Libraire, à Leipzig.
15-16 MM. MISH et THRON, Libraires, à Bruxelles (2 abonnements).
17 M. GAMBER, J.. Librairie française et étrangère, 2, rue de l'Université, à Paris.
18 M. YOUNG J. PENTLAND, Libraire, 38, West Smithfield, à Londres, E. C.
19 The Library of the UNIVERSITY OF CALIFORNIA, à Berkeley (Californie), U. S. A.
20 Faculté des Sciences de L'UNIVERSITÉ DE CLERMONT-FERRAND.

(20 abonnements.)

LISTE DES PUBLICATIONS

DE LA

SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE

DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE

SECRÉTARIAT : 39, PLACE DE L'INDUSTRIE, A BRUXELLES

1° BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE.
(Mémoires et Procès-verbaux réunis.)

Première série :

Tomes I (1887) à X (1896), représentant ensemble 3,460 pages de *Mémoires,* accompagnés de 112 planches; 3,131 pages de *Procès verbaux* des séances et 744 pages de *Traductions, Reproductions;* Tables, etc.; soit ensemble 7,335 pages.

Nota. — Une TABLE DÉCENNALE des matières (1887-1896) sera ultérieurement publiée.

Deuxième série :

Tomes XI (1897) à XVIII (1904).
Prix de vente et d'abonnement : **20 francs** le volume.
Prix pour les membres : **10 francs**.

2° PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES (tirés séparément à un chiffre très limité).

ONT PARU :

Tomes I (1887) à X (1896) de la première série.

Tomes XI (1897) à **XVIII (1904)** de la deuxième série.

Prix de vente et d'abonnement : **10 francs** le volume.

Prix pour les membres : **5 francs**.

3° NOUVEAUX MÉMOIRES (Série nouvelle in-4°, publiée supplémentairement au Bulletin). — Mémoire n° 1, 1903, CH. BOMMER, *Les Causes d'erreur dans l'étude des empreintes végétales.*

(Mémoire in-4° de 31 pages, avec *dix* planches, dont huit coloriées.)

Prix pour les membres : **5 francs**.

4° PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES DE LA SECTION PERMANENTE D'ÉTUDES DU GRISOU, de la Société belge de Géologie.

ONT PARU :

Tome I de la série spéciale (année 1898). Un volume de 171 pages de Procès-verbaux, accompagné de deux *Mémoires* (de MM. *Harzé* et *Van den Broeck*) formant ensemble 56 pages.— Prix : **5 francs**. (S'adresser au *Secrétariat*.)

Fascicules II à **VI**. (Procès-verbaux de séances spéciales de la Section.)
Prix : 0 fr. 50 par fascicule.

5° LA PLUIE EN BELGIQUE, par A. LANCASTER, Directeur du Service météorologique de l'Observatoire royal d'Uccle. — Un volume de 224 pages grand in-8°, avec une planche, et accompagné de la **CARTE PLUVIOMÉTRIQUE DE LA BELGIQUE**, à l'échelle du 400 000e.

(Données statistiques fournies par 282 stations. Observations faites depuis le siècle dernier jusqu'au 31 décembre 1892.)

Prix de l'ouvrage complet : **9 francs**. — Pour les membres : **4 francs**.

Prix du volume : **5 francs**. — Prix de la carte en couleurs : **5 francs**; de la carte en bistre : **1 franc**. — **Réduction** de 40 °/o en librairie.

Pour les membres. Prix du volume : **fr. 2.50**; de la carte en couleurs : **fr. 2.50**; de la carte en bistre : **30 centimes.**

Nota. — Des *conditions spéciales* sont faites aux Administrations publiques et aux libraires pour toute commande dépassant cinq exemplaires.

6° **CARTE GÉNÉRALE DE LA PARTIE MÉRIDIONALE DE LA MER DU NORD**, dressée d'après les sondages les plus récents, par C.-J. VAN MIERLO, ingénieur hydrographe de l'État belge, assisté par M. *Ém. Spysschaert*, second de l'Hydrographie.

Document publié en 1897 par la *Société belge de géologie*. Édité chez *H. Lamertin*, libraire-éditeur, rue du Marché-au-Bois, à Bruxelles.
Prix de vente : **4 francs**. — Pour les membres de la Société : **2 francs**.

7° **CARTE LITHOLOGIQUE DES FONDS DE LA MER DU NORD AVOISINANT LA CÔTE BELGE**, par M. C.-J. VAN MIERLO, assisté par M. *Ém. Spysschaert.*

Fascicule de 47 pages de texte et tableaux, accompagnant la carte.
Prix de vente : **4 francs**. — Pour les membres de la Société : **2 francs**.

8° **PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES SPÉCIALES CONSACRÉES A L'ÉTUDE DES SABLES BOULANTS.**

Cinq fascicules, exposant les travaux de la Section en 1901 et 1902, ont paru. Il n'a été tiré que *quarante* exemplaires, destinés à la vente, de l'ensemble de ces fascicules, formant un volume de 234 pages, gr. in-8°, dont le prix est fixé à **5 francs**. (**3 francs** pour les membres, port compris.)

9° **FASCICULE SPÉCIAL** contenant les communications, discussions et mémoires consacrés à **L'ÉTUDE, PAR L'EMPLOI DES MATIÈRES COLORANTES (FLUORESCÉINE), DES EAUX COURANTES SOUTERRAINES** (eaux alimentaires en régions calcaires).

Vade mecum indispensable à toute Administration communale, Société ou Compagnie technique de travaux d'eaux alimentaires, etc., ayant à se préoccuper de drainage souterrain, de l'étude des eaux alimentaires, de leur origine et de l'éventualité de leur contamination, spécialement en régions *à sous-sol calcaire.*

Il n'a été tiré qu'un très petit nombre d'exemplaires de ce travail d'ensemble, constituant un volume gr. in-8° de 213 pages. (Sera bientôt épuisé.)
Prix : **5 francs** (**3 francs** pour les membres, port compris).

Pour tous renseignements complémentaires, s'adresser au SECRÉTARIAT *de la Société.*

LISTE

DES

AUTEURS D'OUVRAGES NON PÉRIODIQUES

REÇUS EN DONS

PAR LA

SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE, DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE

PENDANT L'ANNÉE 1905

DONS D'AUTEURS

(La pagination se rapporte aux Procès-Verbaux des séances mensuelles fournissant les titres des ouvrages reçus.)

Abel, O., p. 84.
Achaval, L., p. 246.
Agamennone, G., p. 44.
Anderson, J.-W., p. 331.
Andrews, C.-W., p. 86.
Andrimont (René d'), pp. 125, 193, 244.
Androussoff, N., p. 330.
Arcidiacono, S., p. 84.
Arctowski, H., p. 330.
Babor, J.-F., p. 125.
Ball, J., p. 86.
Barois, p. 86.
Barron, T., p. 86.
Beadnell, H.-J.-L., pp. 86, 244.
Beaupré, J., p. 44.
Bertrand, J., p. 84.
Bleicher, G., p. 44.
Böckh, Jos., p. 292.
Brouhon, L., p. 330.
Buttgenbach, H., p. 4.
Cabanes, G., p. 245.
Carez, L., p. 155.
Castillo (A. del), p. 156.
Cayeux, L., p. 293.
Choffat, P., pp. 44, 330, 331.
Cornet, J., p. 193.
Courcelle, L., p. 244.
Dahll, T., p. 292.
Dardart, E., p. 244
Deblon, A., p. 193.
Deladrier, E., p. 193.
De Launay, H., p. 84.
Delgado, J.-F. N., pp. 156, 244.
Demangeon, A., p. 125.
De Wildeman, E., p. 4.

Diénert, F., p. 331.
Dollfus, p. 331.
Dollo, L., pp. 125, 245.
Dollot, A., p. 331.
Dorlodot (L. de), p. 4.
Drioton, C., p. 244.
Dubois, E., p. 193.
Duparc, L., p. 84.
Engerrand, G., p. 331.
Ertborn (Baron O. van), p. 194.
Félix (Docteur J.), p. 46.
Ferrero, E., p. 244.
Fletcher, L., p. 194.
Foureau, F., p. 194.
Fournier, E., p. 244.
Gaudry, Albert, p. 85.
Gentil, L., p. 194.
Gesell, A., p. 292.
Gilbert, G.-K., pp. 45, 84.
Godbille, P., p. 331.
Gosselet, J., pp. 4, 85, 330.
Grand'Eury, p. 45.
Guebhard, A., p. 227.
Guérassimow, A., p. 155.
Halet, F., p. 83.
Heigel (Th. von), p. 194.
Hepites, St.-C., p. 244.
Hoernes, R., p. 194.
Högbom, A.-G., p. 226.
Hohler, T.-B., p. 86.
Hume, W.-F., p. 86.
Issel, A., pp. 155, 331.
Jeremina, E., p. 291.
Johnson, W.-D., p. 45.
Joly, H., p. 330.
Jonker, H.-G., pp. 46, 195.
Kalecsinszky (Al. von), p. 156.
Kilian, W., pp. 226, 227.
Kjerulf, Th., p. 292.
Knapp, G.-Fr., p. 125.
Knett, J., p. 125.
Koenen (A. von). pp. 4, 125.
Lacroix, A., p. 85.
Lagrange, E., p. 125.
Lalande, Ph., p. 244.
Lang, O., p. 244.
Lapparent (A. de), pp. 45, 293, 331.
Lapponi, G., p. 195.
Láska, W., p. 195.
Laur, F., p. 330.
Le Couppey de la Forest, M., p. 227.
Leriche, M., pp. 126, 291, 330.
Lespineux, G., p. 244.
Limburg-Stirum (Comte Ad. de), p. 193.
Loewinson-Lessing, F., pp. 126, 291, 331.
Lorié, J., p. 194.
Lotti, B., pp. 4, 227.
Lucas, A., pp. 86, 331.
Martel, E.-A., pp. 85, 155, 245.
Mazaurie, F., p. 245.
Meister, A., pp. 155, 156.
Mendola, L., p. 85.
Meugy, M.-A., p. 292.
Meunier, Em., p. 331.
Mieg, M., p. 195.
Mitchell, L.-H., p. 86.
Mojsisovics, Ed. (von), pp. 4, 45.
Montessus de Ballore (F. de), pp. 83, 126.
Moore, J.-E.-S., p. 83.
Moulan, Th., p. 5.
Mourlon, M., pp. 156, 245.
Nicklès, R., p. 195.
Obst, H., p. 246.
Pearce, F., p. 84.
Pervinquière, L., p. 156.
Petit, V., p. 291.
Podkopaëff, N., p. 125.
Priem, F., p. 45.
Pringsheim, A., p. 195.

Rabot, Ch., p. 85.
Ramond, G., p. 331.
Raymond, P., p. 245.
Reid, Cl., p. 245.
Ribeiro, C., p. 156.
Ricco, A., p. 85.
Rio, M.-E., p. 246.
Rivière, E., pp. 45, 46.
Rojas Acosta, N., p. 155.
Rudler, F.-W., p. 46.
Rupin, E., p. 245.
Rutot, A., pp. 84, 194.
Sacco, F., pp. 194, 195, 291, 292.
Salas, C.-P., p. 156.
Schafarzic, Fr., p. 85.
Schulmberger, Ch., p. 331.
Schulz-Briesen, p. 84.
Schumacher, E., p. 292.
Schwab, Fr., p. 5.
Schwarz, E.-H.-L., p. 245.
Schott Moncrieff, C. C., p. 87.
Sernander, R., p. 227.
Silveryser, Fl. (l'Abbé), p. 5.
Simoens, G., p. 194.
Skotchinsky, A., p. 125.
Smallwood, M.-E., p. 195.
Smeysters, J., p. 126.
Smith, E.-A., p. 227.
Stainier, X., pp. 84, 125.
Stewart, C.-E., p. 87.
Sykes, E.-R., p. 227.
Teubner, B.-G., p. 293.
Thoulet, J., pp. 85, 245.
Twelvetrees, W. H., pp. 126, 245.
Van den Broeck, E., p. 194.
Verbeek, R.-D., p. 245.
Viré, A., p. 245.
Weinschenk, Er., p. 85.
Wohnig, K., p. 126.
Woldrich, J.-N., p. 126.
Woldrich, Jos., p. 126.
Zittel, K. A. (von), p. 126.

EXPOSÉ DE L'ÉTAT DES ÉCHANGES

au 31 décembre 1905.

LISTE

DES

ACADÉMIES, INSTITUTS, SOCIÉTÉS SAVANTES, MUSÉES, REVUES, JOURNAUX, ETC.

EN RELATIONS D'ÉCHANGE DE PUBLICATIONS

AVEC LA

Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie

RELEVÉ DES ENVOIS REÇUS PENDANT L'ANNÉE 1905

(Le numéro initial est celui de l'inscription du périodique à la Bibliothèque.)

AFRIQUE.

2406 **Cape-Town.** Department of Agriculture, Geological Commission (*Annual Report*). 1904.

4309 — Geological Commission. South African Museum (*Annals*).

4494 **Johannesburg.** Société géologique (*Transactions*). 1904 : 3; 1905.

Le Caire. Service géologique (*Publications séparées*). Nos 4651 à 4668; 4767; 4857.

4613 — *Proceedings*. VII, 1904.

3687 **Pietermaritzburg.** Geological Survey of Natal (*Report*).

4553 **Prétoria.** Geological Survey of the Transvaal (*Report*). 1903.

AMÉRIQUE.

1328 **Albany.** New York State Museum (*Report of the State Geologist*). XXII, 1902.

Baltimore. John Hopkins University.

1734 — *American Chemical Journal*. XXXII, 1904; XXXIII, 1905; XXXIV, 1905 : 1-2.

1735 — *Circulars*. 1904-1905.

2662 — Maryland Geological Survey (*Volume*). 1904.

3004 — Maryland Weather Service (*Volume*).

2243 **Buenos-Aires.** Museo Nacional (*Anales*). IV, 1905.

3337 — *Communicaciones*.

2823 **Buffalo**. Society of Natural Sciences (*Bulletin*).
3648 **Brooklyn**. Museum of the Institute of Arts and Sciences. 1905, 5-6.
Cambridge (Mass.). Museum of Comparative Zoology (Harvard College).
2109 — *Bulletin*. XLII, 1903 : 6; XLV, 1904 : 4; XLVI, 1904; XLVIII, 1905 : 1.
2109*b* — *Mémoires*.
2109ter — *Annual Report*. 1904-1905.
3311 **Chicago**. The Journal of Geology. 1905 : 1-7.
4794 — Field Columbian Museum. I, 1895-1902; II, 1903-1904 : 1-6.
3741 **Columbus**. Ohio State University (Board of Trustees) (*Annual Report*).
2097 **Davenport**. Academy of Natural Science (*Proceedings*). IX, 1901-1903.
2825 **Des Moines**. Iowa Geological Survey (*Ann. Rep.*). 1903.
523 **Halifax**. Nova Scotia Institut of Natural Science (*Proc. and Trans.*).
2207 **Indianapolis**. Department of Geology and Natural Resources (*Annual Report*). 1904.
2481 — Indiana Academy of Science (*Proceedings*). 1903.
1407 **Jefferson-City**. Geological Survey of Missouri (*Report*).
2688 **Lawrence**. University Geological Survey of Kansas (*Annual Bulletin*).
2258 — Kansas University Quarterly (*Science Bulletin*).
1736 **Lima**. Sociedad Geografica (*Boletin*). 1903 : 4; 1904 : 1-2.
4157 — Corps des ingénieurs des Mines du Pérou (*Boletin*). 1902 : 15-18; 1905 : 19-26.
2824 **Madison**. Wisconsin Academy of Science, Arts and Letters (*Transactions*). III, 1875 — X, 1895; XIV, 1903 : 2.
— Wisconsin Geological and Natural History Survey.
3217 — Scientific Series (*Bulletin*).
3218 — Economic Series (*Bulletin*). 1904.
2289 **Mexico**. Instituto geologico (*Boletin*). 1905, nº 20.
4795 — *Parergones*, I, 1903-1904 : 1-7.
4825 — Sociedad geologica (*Boletin*). I, 1904.
2994 — Sociedad cientifica « Antonio Alzate » (*Memorias*). XIX, 1903 : 8-12; XX, 1904 : 5-12.
Minneapolis. Geological and Natural History Survey of Minnesota. (*N'existe plus.*)
639 — *Annual Report*.
639*b* — *Bulletin*.
3289 **Montevideo**. Museo nacional (*Anales*). 1905.
2070 **New Haven**. American Journal of Science. 1905.
New York. Academy of Sciences (late Lyceum of Natural History).
1162 — *Transactions*.
1162bis — *Annals*. 1904 : 3; 1905 : 1-2.
1162ter — *Memoirs*. 1905.

1964 **Ottawa.** Geological Survey of Canada (*Palaeozoic fossils*). III, 1904.
1965 — . (*Rapport annuel*).
4005 **Palo Alto.** Leland Stanford Junior University (*Publications*).
4497 — Annual Register, XIV, 1904-1905.
Philadelphie. Academy of Natural Sciences.
2089 — *Proceedings*. 1904 : 2-3; 1905 : 1-2.
2089*b* — *Journal*. XIII, 1905 : 1.
2257 — American Philosophical Society (*Proceedings*). 1904-1905.
2257*b* — Memorial volume.
1597 **Rochester.** Geological Society of America (*Bulletin*). XV, 1904.
1575 — Rochester Academy of Sciences (*Proceedings*).
4372 **San Salvador.** Museo nacional (*Anales*). 1904-1905.
3219 **Saõ Paulo.** Museu Saõ Paulo (*Revista*). VI, 1904.
2023 **Topeka (Kansas).** Kansas Academy of Science (*Transactions*). XIX, 1903-1904.
2513 — The University Geological Survey of Kansas (*Volume*).
2569 — Board of Irrigation Survey and experiment (*Report*).
1261 **Trenton.** Geological Survey of New Jersey (*Ann. Report*). 1904.
3686 — *Volume*. VI, 1904.
Washington. Geological Survey United States of America.
1292 — *Bulletin*. 1904-1905.
1405 — *Monographs*. XLVII, 1904.
1406 — *Annual Reports*. XXV, 1903-1904.
1523 — *Mineral Resources*. 1903.
3492 — *Topographic sheets*.
4495 — *Water-Supply and Irrigation Papers*. 1904-1905.
4496 — *Professional Papers*. 1904-1905.
1164 — Smithsonian Institution (*Annual Report*).
1163 — National Museum (*Report*). 1903.
3799 — *Bulletin*. L, 1904 : 3.
3800 — *Proceedings*.
1795 — Department of Agriculture. United States of America (*Yearbook*).
2515 — American Monthly microscopical Journal.

ASIE.

Calcutta. Geological Survey of India.
4548 — *General Report*.
4549 — *Records*. XXXI, 1904 : 2-4; XXXII, 1905 : 1-3.
4550 — *Memoirs*. XXXI, 1901; XXXII-XXXIII, 1902.
4551 — *Palaeontologia Indica*. I, 1899; II, 1902 : 1; 1905 : 2.

Tokio. Imperial University Japan.
1731 — *Journal.* XX, 1904 : 1-7.
2689 — *Calendar.*
— Geological Survey of Japan.
2913 — *Cartes géologiques.*
2914 — — *agronomiques.*
2915 — — *topographiques.*

EUROPE.

ALLEMAGNE.

3423 **Aix-la-Chapelle.** Deutsches meteorologisches Jahrbuch. 1902-1903.
Berlin. Königliche-preussische Akademie der Wissenschaften.
2090 — *Mathem. und Naturw. Mittheil.* (Ne paraît plus.)
2607 — *Sitzungsberichte.* 1904; 1905 : 1-38.
— Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.
1101 — *Zeitschrift.* 1905.
1102 — *Verhandl.* (Ne paraît plus.)
2016 — Deutsche geologische Gesellschaft (*Zeitschrift*). LVI, 1904 : 3-4; LVII, 1905 : 1-2.
3170 — Königlich-preussischen geologischen Landesanstalt und Bergakademie (*Jahrbuch*). XXIII, 1902 : 2; XXIV, 1903 : 3; XXV, 1904 : 1-3; XXVI, 1905 : 1
3312 — Zeitschrift für praktische Geologie. (Abonnement.) 1905.
Bonn. Naturhistorischer Verein der preussischen Rheinlande, Westphalens und des Reg.-Bezirks Osnabrück.
1408 — *Verhandlungen.* LXI, 1904; LXII, 1905 : 1.
2405 — Niederrheinischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde (*Sitzungsberichte*). 1904; 1905 : 1.
Dresde. Naturwissenschaftliche Gesellschaft Isis in Dresden.
903 — *Sitzungsberichte und Abhandlungen.* 1904 : 2; 1905 : 1.
553 **Erfurt.** Königliche Akademie der Wissenschaften (*Jahrb.*).
Francfort-s/Mein. Senckenbergische Naturforschende Gesellschaft.
1759 — *Abhandlungen.* 1902 : 4.
1960 — *Bericht.* 1905.
2071 **Fribourg-en-Brisgau.** Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg I. B. (*Bericht*).
1105 **Giessen.** Oberhessische Gesellschaft für Natur- und Heilkunde (*Bericht*). XXXIV, 1903-1904.
4572 **Gotha.** Dr A. *Petermanns Mittheilungen.* LI, 1905 : 1-12.
Göttingen. Königliche Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen.
2111 — *Nachrichten :* Mathem.-phys. Klasse. 1904 : 6; 1905 : 1-3.
2371 — *Abhandlungen.*

2111*b* **Göttingen.** *Geschäftliche Mittheilungen.* 1904 : 2; 1905 : 1.

Halle. Kaiserliche Leopoldin. Carolinische deutsche Akademie der Naturforscher.

2098 — *Leopoldina.*

2098*b* — *Acta.*

2568 — Deutschen Elektrochemischen Gesellschaft (*Zeitschrift für Elektrochemie*). 1904.

4493 **Königsberg.** Physikalisch-Oekonomischen Gesellschaft (*Schriften*). XLV, 1904.

1021 **Leipzig.** Geologische Specialkarte des Königreichs Sachsen.

— Vereins für Erdkunde.

2608 — *Mittheilungen.* 1904.

3171 — *Jahresbericht.*

3220 — *Wissenschaftliche Veröffentlichungen.*

3310 — Geologisches Centralblatt. (Abonnement.) VI, 1905.

Munich. Königliche-bayerische Akademie der Wissenschaften.

2013 — *Sitzungsberichte.* 1904 : 3; 1905 : 1-2.

2014 — *Abhandlungen.* XXII, 1903-1904 : 1-2.

1554 **Rostock.** Verein der Freunde der Naturgeschichte in Mecklenburg (*Archiv*). LVII, 1903 : 2; LVIII, 1904 : 1.

1798 **Strasbourg.** Geologische Specialkarte von Elsass-Lothringen (*Abhandlungen*). VI, 1905.

AUTRICHE-HONGRIE.

Budapest. Königlich Ungarische geologische Anstalt.

1012 — *Jahresbericht.* 1902.

1013 — *Mittheilungen.* XIV, 1903 : 2-3; XV, 1904 : 1.

1011 — Ungarische geolog. Gesellschaft (*Földtani Közlöny*). XXXIV, 1904 : 11-12; XXXV, 1905 : 1-7.

Cracovie. Académie des sciences.

1041 — *Bulletin international.* 1904 : 8-10; 1905 : 1-7.

1559 — *Rosprawy.* 1904.

1600 — *Sprawozdanie.* XXXVIII, 1905.

2290 — *Cartes géologiques de la Galicie.* 11; 14-16.

3647 **Laibach.** Die Erdbebenwarte. IV, 1904-1905.

Prague. Königlich-böhmische Gesellschaft der Wissenschaften.

3308 — *Sitzungsberichte.* 1904.

3309 — *Jahresbericht.* 1904.

Vienne. Kaiserlich-königliche Akademie der Wissenschaften.

2021 — *Sitzungsberichte.* (Math.-Nat. Classe.) 1902 : 10; 1903 : 1-10.

2021*b* — (*Philos.-Histor. Classe.*)

2022 — *Denkschriften.* LXXIV, 1904.

720 **Vienne.** Kaiserlich-königliches naturhistorisches Hofmuseum (*Annalen*). XVIII, 1903; XIX, 1904.

— Kaiserlich-königliche geologische Reichsanstalt.

2259 — *Verhandlungen*. 1904 : 13-18; 1905 : 1-12.

2259*b* — *Jahrbuch*. LII, 1902 : 3-4; 1903; 1904 : 1-2.

2960 — Geologische Karte ($^{1}/_{75\,000^{e}}$). 5 feuilles.

BELGIQUE.

911 **Anvers.** Société royale de Géographie d'Anvers (*Bulletin*). 1904 : 4; 1905 : 1-2.

Bruxelles. Académie royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique.

1181 — *Bulletin*. 1904 : 9-12; 1905 : 1-8.

1182 — *Annuaire*. 1905.

4674 — *Mémoires de la Classe des sciences* (in-4°). I, 1904 : 1-2.

4675 — — — (in-8°). I, 1904 : 1-3.

1891 — *Mémoires*. (Ne paraît plus.)

1892 — *Mémoires couronnés et autres*. (Ne paraît plus.)

1892*b* — *Mémoires des Savants étrangers*. (Ne paraît plus.)

2209 — Annales des Mines (Ministère de l'Industrie et du Travail). X, 1905.

2095 — Bulletin de l'Agriculture (Ministère de l'Agriculture et des Travaux publics). 1904 : 5-6; 1905 : 2-5.

1250 — Annales des travaux publics (Ministère de l'Agriculture). 1904 : 6; 1905 : 1-6.

— Ministère de l'Industrie et du Travail.

1890 — *Carte géologique au 40 000*.

2454 — *Bibliographia geologica*.

980 — Ciel et Terre. XXVI, 1905.

2096 — La Technologie sanitaire. X, 1904 : 1-34.

3338 — Musée royal d'Histoire naturelle de Belgique (*Mémoires*).

691 — *Bulletin*. (Ne paraît plus.)

371 — *Carte géologique au 20 000e*. (Ne paraît plus.)

— Observatoire Royal.

1184 — *Annales*.

1161 — *Bulletin quotidien*. 1905.

1161*b* — *Bulletin mensuel*.

3073 — *Bulletin mensuel du magnétisme terrestre*.

1183 — *Annuaire météorologique*. 1905.

1183*b* — *Annuaire astronomique*. 1906.

— Société belge d'Astronomie.

2265 — *Bulletin*. X, 1905.

2266 — *Annuaire*. 1905.

Bruxelles. Société belge de Microscopie.
1471 — *Annales.*
1471*b* — *Bulletin.*
— Société belge des Ingénieurs et des Industriels.
2288 — *Rapport annuel.* 1902-1903.
1797 — *Bulletin.*
— Société d'Archéologie de Bruxelles.
1619 — *Annuaire.* XVI, 1905.
1690 — *Annales.* XIX, 1905 : 1-2.
1042 — Société royale belge de Géographie (*Bulletin*). 1904 : 5-6; 1905 : 1-5.
— Société royale de Médecine publique.
1825 — *Tablettes mensuelles.* 1904 : 11-12; 1905 : 1-10.
1826 — *Bulletin.* XXII. 1904 : 1.
1168 — Société royale malacologique de Belgique (*Annales*). XXXVIII, 1903; XXXIX, 1904.
— Société scientifique de Bruxelles.
1166 — *Revue des questions scientifiques.* VII, 1904; VIII, 1905.
1167 — *Annales.* XXIX, 1904-1905.
2514 — Société d'Anthropologie (*Bulletin*). XXIII, 1904.
3174 — Institut géographique de l'Université nouvelle (*Publications*). X, 1905.
3262 — Musée du Congo (*Annales*). 1905.
3264 — Cercle d'études des agronomes de l'État (*Bulletin*). I, 1904 : 10; II, 1905 : 1.
4270 — Revue de l'Ingénieur et Index technique, VI, 1905; VII, 1905 : 1.
689 — Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie (*Bull.*). XVIII, 1904 : 4; XIX, 1905 : 1-2.
4061 — *Nouveaux mémoires in-4°.*
2687 — *Section permanente d'études du grisou* (*Procès-Verbaux*).
4269 **Gand.** Association des Ingénieurs sortis des Écoles spéciales de Gand (*Annales*). 1904 : 2-4; IV, 1905 1.
2369 **Gembloux.** Institut chimique et bactériologique (*Bulletin*).
519 **Huy.** Cercle des Naturalistes hutois (*Bulletin*). 1904 : 4; XIX, 1905 : 1-3.
1371 **Liége.** Société géologique de Belgique (*Annales*). XXXI, 1903 : 4; XXXII, 1904 : 1-3.
1371*b* — *Mémoires in-4°.* I : 1 (1900); 2 (1901); II : 1 (1904).
4060 **Mons.** Société des Sciences, des Arts et des Lettres du Hainaut (*Mémoires*). VI, 1904.

DANEMARK.

2108 **Copenhague.** The Danish Biological Station (*Report*). XII, 1902-1903.
3742 — Dansk Geologisk Forening (*Meddelelser*). 1901 : 9-10.

ESPAGNE.

Madrid. Comision del Mapa geologico de España
2072 — *Boletin.*
2072b — *Memorias.*
4504 — Real Sociedad geografica (*Boletin*). 1904 : 3-4; 1905 : 1-2-4.
4552 — *Revista.* II, 1904 : 25-32; III, 1905 : 1-7.
4547 — Real Academia de Ciencias (*Revista*). II, 1905 : 2-5; III, 1905 : 1-2.
— Real Sociedad de Historia natural.
4670 — *Memorias.* II, 1903-1904.
4671 — *Boletin.* IV, 1904.

FRANCE.

Abbeville. Société d'Émulation.
981 — *Bulletin.*
2264 — *Mémoires in-8°.*
2264b — — *in-4°.*
2821 **Aix-en-Provence.** Académie des Sciences, Agriculture, Arts et Belles-Lettres (*Mémoires*).
2056 **Angers.** Société d'études scientifiques (*Bulletin*). XXIII, 1903.
2261 — Société nationale d'Agriculture, Sciences et Arts (*Mémoires*).
2010 **Autun.** Société d'Histoire naturelle (*Bulletin*). XVII, 1904.
2664 **Béziers.** Société d'études des Sciences naturelles (*Bulletin*).
2260 **Bordeaux.** Société Linnéenne (*Actes*). IX, 1904.
Caen. Société Linnéenne de Normandie.
1793 — *Bulletin.*
1793b — *Mémoires.*
2057 — Académie nationale des Sciences, Arts et Belles-Lettres (*Mémoires*).
1723 **Caen.** Laboratoire de géologie de la Faculté des sciences (*Bulletin*).
2262 **Carcassonne.** Société d'études scientifiques de l'Aude (*Bulletin*).
4826 **Chambéry.** Société d'Histoire naturelle de Savoie (*Bulletin*). I, 1894 — III, 1896; VIII, 1902; IX, 1903.
4554 **Elbœuf.** Société d'études des Sciences naturelles (*Bulletin*). XI, 1892 — XXII, 1903.
1832 **Evreux.** Société normande d'études préhistoriques (*Bulletin*). XII, 1904.
2480 **Grenoble.** Société de statistique des Sciences naturelles et des Arts industriels de l'Isère (*Bulletin*).
3307 — Travaux du laboratoire de Géologie de la Faculté des sciences de l'Université. VII, 1905 : 2.
4239 **Laval.** Palaeontologia Universalis (*Abonnement*). Fasc. III (1904). I (1905).
1326 **Le Havre.** Société géologique de Normandie (*Bulletin*).

Lille. Société géologique du Nord.
697 — *Annales.* XXXIII, 1904.
697*b* — *Mémoires.*
2263 **Lyon.** Société d'Agriculture, d'Histoire naturelle, etc. (*Annales*). II, 1904.
3491 **Montsouris.** Observatoire municipal (*Annales*). V, 1904 : 3-4; VI, 1905 : 1-2.
4236 **Nancy.** Société de Géographie de l'Est (*Bulletin*). XXV, 1904 : 3-4; XXVI, 1905 : 1-2.
1749 **Nantes.** Société des Sciences naturelles de l'Ouest de la France (*Bulletin*). XIV, 1904 : 3-4; XV, 1905 : 1-2.
4373 **Paris.** Association française pour l'avancement des sciences (*Comptes rendus des sessions*).
— Académie des Sciences.
2017 — *Mém. sav. étrang.*
2018 — *Mémoires.*
2019 — *Mém. Pass. Vénus.*
2020 — *Comptes rendus des séances.* CXL, 1905; CXLI, 1905.
2009 — Annales des Mines. VI, 1904 : 10-12; VII, 1905; VIII, 1905 : 7-9.
534 — Feuille des Jeunes Naturalistes. 1904-1905 : n°s 410-422.
534*b* — *Catalogue.*
1967 — Muséum d'Histoire naturelle (*Bulletin*). 1904 : 7-8; 1905 : 1-4.
1818 — Service de la Carte géologique détaillée de la France (*Bulletin*).
— Société de Géographie.
2043 — *Comptes rendus des séances.*
2044 — *Bulletin.* X, 1904 : 5-6; XI, 1905; XII, 1905 : 1-5.
1197 — Société d'Hydrologie médicale (*Annales*). 1904 : 10-12; 1904-1905 : 1-4.
2045 — Société française de Minéralogie (*Bulletin*). XXVII, 1904 : 8-9; XXVIII, 1905 : 1-7.
— Société géologique de France.
1290 — *Bulletin.* IV, 1904 : 2-6.
1290*b* — *Compte rendu sommaire des séances.*
— Société de Spéléologie.
2148 — *Bulletin (Spelunca).* V, 1904 : 38-40; VI, 1905 : 41.
2191 — *Mémoires (Joints au Bulletin).*
2793 — Revue critique de Paléozoologie. IX, 1905.
2856 — Écho des mines et de la métallurgie. XXXII, 1905.
3263 — École d'anthropologie (*Revue*). XV, 1905.
3389 — Journal du Pétrole. 1905.
— Société des Ingénieurs civils de France.
3424 — *Bulletin.* 1904 : 11-12; 1905 : 1-10.
3425 — *Procès-Verbaux.* 1905.
3426 — *Annuaire.*

3615 **Paris**. Annales de Géographie, XIV, 1905 : 73-77.
4237 — La Revue technique. XXVI, 1905 : 1-4.
4238 — Société d'Anthropologie (*Bulletin*). V, 1904 : 2-6; IV, 1905 : 1-2.
3688 **Rennes**. Société scientifique et médicale de l'Ouest (*Bulletin*). XIII, 1904 : 3-4; XIV, 1905 : 1.
4669 **Rouen**. Société des Amis des Sciences naturelles (*Bulletin*). XVI, 1880 — XXXIX, 1903.
Saint-Étienne. Société de l'Industrie minérale.
2041 — *Comptes rendus des séances*. 1905 : 1-10.
2042 — *Bulletin et atlas*. IV, 1905 : 1-3.
Toulouse. Académie des Sciences, Inscriptions et Belles-Lettres.
2058 — *Bulletin et Mémoires*. IV, 1904.

GRANDE-BRETAGNE.

3739 **Edinburgh**. Scottish geographical Society (Magazine). XXI, 1905.
1968 **London**. Geologist's Association (*Proceedings*). XVIII, 1904 : 10; XIX, 1905 : 1-5.
— Geological Society of London.
1010 — *Quarterly Journal*. LXI, 1905.
2288 — *Geological Literature*. 1904.
1450 — Geological Survey of the United Kingdom (*Memoirs*). 1905.
— Royal Society of London.
2048 — *Proceedings*. 1905 : 503-514.
2545 — *Year-Book*.
2690 — The Colliery Guardian. 1904, nos 2295-2296; 1905, nos 2297-2348.
2995 — The geological Magazine. II, 1905.
3422 — British Association for the Advancement of Science (*Report*). (Don de M. l'ingénieur A. Gobert.) 1903-1904.
3933 — Zoological Society (*Proceedings*). 1904 : 2; 1905 : 1-2.
3934 — *Transactions*.
4155 — Royal Geographical Society (*The geographical Journal*). XXV, 1905; XXVI, 1905 : 1-5.
4158 — *Proceedings*.
3740 — British Museum (Natural History) (*Catalogue*). 1904.
4573 — Mineralogical Society (*Mineralogical Magazine and Journal*) (en don). 1895-1905 : nrs 49-64.
Newcastle. North of England Institute of Mining and Mechanical Engineers.
2665 — *Transactions*. LII, 1902 : 8; LIII, 1903 : 5; LIV, 1903 : 7-8; LV, 1904 : 2-4.
2666 — *Annual Report*.
4505 **Norwich**. Norfolk and Norwich Naturalists' Society (*Transactions*). VIII, 1904-1905 : 1.
2040 **Plymouth**. Marine Biological Association of the United Kingdom (*Journal*). VII, 1904 : 2.

ITALIE.

4407 **Acireale.** Accademia di Scienze de gli Zelanti (*Atti e Rendiconti*).
4106 **Bologne** et **Pérouse.** Rivista Italiana di Paleontologia. XI, 1905 : 1-4.
Catane. Accademia Gioenia di Scienze Naturali.
2026 — *Atti.* XVII, 1904.
2289 — *Bollettino.* 1904 : 83; 1905 : 84-86.
Milan. Societa italiana di Scienze naturali e Museo civico di storia naturale in Milano.
1989 — *Atti.* XLIII. 1904 : 4; XLIV, 1905 : 1-2.
1989*b* — *Memorie.*
Naples. Società reale di Napoli (Reale Accademia di Scienze fisiche e matematiche).
2012 — *Atti.*
2011 — *Rendiconto.* IX, 1903 : 8-12; X, 1904 : 1-12; XI, 1905 : 1-3.
837 — Società africana d'Italia (*Bollettino*). 1904 : 12; 1905 : 1-11.
4827 **Padoue.** Accademia scientifica Veneto-Trentino-Istriana (*Atti*). I, 1904 : 1.
4503 **Pavie.** Rivista di Fisica, Matematica e Scienze naturali. V, 1904 : 60; VI, 1905: 61-72.
4492 **Pérouse.** Giornale di Geologia pratica. II, 1904 6; III, 1905.
Pise. Societa toscana di Scienze naturali.
2054 — *Procès-Verbaux.* XIV, 1905 : 5-8.
2055 — *Mémoires.* XX, 1904.
343 **Rome.** Carte géologique d'Italie.
319 — Office météorologique (*Bulletin*).
293 — Reale Comitato Geologico d'Italia (*Bollettino*). V, 1904 : 4; VI, 1905 : 1-2.
— Pontificia Accademia dei Nuovi Lincei.
3086 — *Memorie.* XXII, 1904.
3087 — *Atti.* LVIII, 1904-1905 : 1.
2254 — Società geologica italiana (*Bollettino*).
4574 — Société géographique italienne (*Bollettino*). 1897-1905.
1797 **Rome** et **Modène.** Società sismologica d'Italia (*Bollettino*). X, 1904 : 4-10.
4611 **Sienne.** Rivista italiana di Scienze naturali. 1903-1904; 1905 : 1-2.
4612 — Bollettino del Naturalista. 1903-1904; 1905 : 1-2.
2255 **Turin.** Accademia delle Scienza di Torino (*Atti*). XL, 1904-1905 : 1-5.
4672 **Udine.** Circolo speleologico ed Idrologico Friulano (*Mondo Sotterraneo*). I, 1904 : 1-3.

NÉERLANDE.

Amsterdam. Koninklijke Akademie van Wetenschappen.
2037 — *Verhandelingen.* XI, 1905; XII, 1905 : 1-2.
2038 — *Verslagen.* XIII, 1904.
2039 — *Jaarboek.* 1904.

224 **Haarlem.** Musée Teyler (*Archives*). IX, 1904 : 1-2.
2024 **Leide.** Geolog. Leide Museum (*Sammlung*). VIII, 1904 : 1.

NORVÈGE.

Bergen. Bergens Museum.
2287 — *Aarbog.* 1904 : 3; 1905 : 1-2.
2267 — *Mémoires.* 1905.
2836 — *Report.*
3288 — *Aarsberetning.* 1904.

PORTUGAL.

530 **Lisbonne.** Commissào do Servico Geologico de Portugal (*Communicaçōes*).
4545 — Sociedade de Geographia (*Boletim*). 1904 : 11-12; 1905 : 1-10.
1160 **Porto.** Sociedade Carlo Ribeiro (Revista de Sciencias naturaes e sociaes).

ROUMANIE.

2372 **Bucharest.** Bureau géologique (*Harta geologica generala*).
2678 — Museului de Geologia (*Anuarulù*). (Publication ajournée.)
3172 — Institut météorologique de Roumanie (*Annales*).
4156 **Jassy.** Annales scientifiques de l'Université, III. 1904 : 3.

RUSSIE et FINLANDE.

1596 **Helsingfors.** Société de Géographie de Finlande (*Bulletin*).
2961 — Commission géologique de la Finlande (*Bulletin*). XV-XVI, 1905.
864 **Kiew.** Société des Naturalistes (*Mémoires*). XIX, 1905.
Moscou. Société Impériale des Naturalistes.
2256 — *Bulletin.* 1904 : 2-4.
3173 — *Nouveaux mémoires.* XVI, 1899-1904 : 3-4.
4546 **Nowo-Alexandria.** Annuaire géologique et minéralogique de la Russie. 1904 : 4-8.
Saint-Pétersbourg. Académie impériale des Sciences.
1889 — *Bulletin.* V, 1896 : 3-5; VI, 1897 — XI, 1899.
1889*b* — *Mémoires.* XIV, 1903 : 1-3; 10.
— Comité géologique de Russie.
840 — *Bulletin.* XXII, 1903 : 5-10; XXIII, 1904 : 1-6.
840*b* — *Bibliothèque géologique de la Russie* (suppl. au Bull.).
889 — *Mémoires.* 1903-1904.
842 — Russ.-kaiserl. mineralog. Gesellschaft (*Verhandl.*). XLI, 1904 : 2; XLII, 1904 : 1.

843 **Saint-Pétersbourg.** Matériaux pour servir à la géologie de la Russie. XXII, 1904 : 1.

2192 — Section géologique du Cabinet de S. M. l'Empereur (*Travaux*).

— Société impériale des Naturalistes de Saint-Pétersbourg.

990 — *Comptes rendus des séances*. 1903 : 4-8; 1904; 1905 : 1-3.

990*b* — *Section de géologie et de minéralogie*. 1905 : 5.

SUÈDE.

1970 **Lund.** Universitas Lundensis (*Acta*). XXXIX. 1903.

Stockholm. Konglig. svenska vetenskap Akademie.

1223 — *Bihang*. (Ne paraît plus.)

1224 — *Ofversigt*. (Ne paraît plus.)

1222 — *Handlingar*.

4403 — *Arkiv för Zoologi*. II, 1904 : 1-3.

4404 — — *Botanik*. III, 1904 : 4; IV, 1905 : 1-4.

4405 — — *Kemni, Mineralogi och Geologi* I, 1903 : 3-4; II, 1905 : 1.

2092 **Upsal.** University of Uppsala Geol. Inst. (*Bulletin*). VI. 1902-1903 : 11-12.

SUISSE.

4240 **Fribourg.** Société des Sciences naturelles (*Mémoires*).

4557 — — — (*Comptes rendus*). XI, 1903; XII, 1904.

Genève. Société de Physique et d'Histoire naturelle.

4545 — *Comptes rendus*, I, 1884-XXI, 1904.

4556 — *Mémoires*, 1882-1905.

688 **Lausanne.** Société géologique suisse (*Eclogae geol Helv.*) (*Mittheil.*). (*N'échange plus.*)

2269 — Société vaudoise des Sciences naturelles (*Bulletin*). XL, 1904, nº 151; XLI, 1905 : 152-153.

2093 **Zurich.** Naturforsch. Gesellschaft in Zurich (*Vierteljahrsschrift*). XLVIII, 1903 : 3-4; XLIX, 1904 : 1-2.

TURQUIE.

1971 **Constantinople.** Observatoire impérial (*Bulletin*).

OCÉANIE.

AUSTRALIE OCCIDENTALE.

4796 **Perth.** Geological Survey (*Bulletin*). 1898-1904.

NOUVELLE-GALLES DU SUD.

Sydney. Australian Museum.
1601 — *Reports*. 1904.
1664 — *Records*. V, 1903 : 4-5; VI, 1905 : 1.
982 — Department of Mines and Agriculture (*Ann. Report*). 1904.
— Geological Survey of New South Wales.
642 — *Records*. VII, 1904 : 4; VIII, 1905 : 1
983 — *Memoirs*. XIII, 1904.
983*b* — *Mineral Resources*.
2268 — Australian Mining Standard. 1904 : n°s 836-842; 1905, n°s 843-890.

QUEENSLAND.

4673 **Brisbane.** Geological Survey (*Publications*). 1902-1904; 1905 : n°s 196-199.

VICTORIA.

235 **Melbourne.** Secretary of Mines (*Ann. Report*). 1904.
1438 — Zoology of Victoria (*Prodromus*).
2667 — Geological Survey of Victoria (*Progress Report*).
2667*b* — *Records*. 1904 : 3.
2667ter — *Memoirs*. 1905 : 2-3.
4271 — *Bulletins*. 1904 : 12-15; 1905 : 16-17.
3336 — Royal Society of Victoria (*Proceedings*). XVII, 1904 : 2; XVIII, 1905-1906 : 1.

INDEX ALPHABÉTIQUE

DES

LOCALITÉS BELGES

AU SUJET DESQUELLES LE PRÉSENT VOLUME FOURNIT DES

RENSEIGNEMENTS GÉOLOGIQUES, PALÉONTOLOGIQUES ET HYDROLOGIQUES

DRESSÉ PAR

L. DEVAIVRE
Bibliothécaire de la Société.

(Cette table fournit, à titre de référence complémentaire, les paginations des travaux insérés dans les *Mémoires* et, par conséquent, non représentés dans le présent recueil des *Procès-Verbaux*.)

SIGNES CONVENTIONNELS :

1 = Terrain primaire; **2** = T. secondaire; **3** = T. tertiaire; **4** = T. quaternaire et moderne; **5** = Phénomènes géologiques; **6** = Hydrologie; p. a. = Puits artésien; s. m. = Source minérale; * = Renseignements paléontologiques, listes; Fig. = Figure dans le texte (1).

NOMS DES LOCALITÉS.	PAGINATION ET NATURE DES RENSEIGNEMENTS FOURNIS PAR LE TEXTE.
A	
Andenne (Région)	*Mém.* 65-67, **1**.
Anvers	*Pr.-Verb.* 253-259, **5**, **6**; 297-302, 305-307, **5**.
Ardennes (Les)	*Pr.-Verb.* 10-13, **4***.
Asch	*Mém.* 150, **3**, **4**; 217-218, fig. **3**, **4**, **6**; 222-224, **1**, **2**, **3**, **4**.

(1) Les chiffres précédés des mentions *Pr.-Verb.* et *Mém.*, qui accompagnent les noms des localités, indiquent respectivement la pagination des Procès-Verbaux et celle des Mémoires. Les chiffres gras et les signes divers qui suivent correspondent à une classification des matières ainsi établie : **1** = *Terrain éruptif* et *Terrain primaire;* **2** = *Terrain secondaire;* **3** = *Terrain tertiaire;* **4** = *Terrain quaternaire et moderne.* Le chiffre gras **5** indique que le texte fournit des données relatives aux *phénomènes géologiques*, le chiffre **6** signifie qu'il donne des renseignements *hydrologiques.* Lorsque les renseignements fournis proviennent d'une coupe de *puits artésien,* ces derniers chiffres sont suivis du signe *p. a.* Les localités pour lesquelles sont citées des *sources minérales* sont indiquées par le signe *s. m.* L'astérisque * accompagnant un chiffre gras indique la présence de liste de fossiles ou de renseignements paléontologiques quelconques. *Fig.* signifie : figure dans le texte. *Pl.* : Planche à la fin du volume.

SIGNES CONVENTIONNELS :

1 = Terrain primaire; **2** = T. secondaire; **3** = T. tertiaire; **4** = T. quaternaire et moderne; **5** = Phénomènes géologiques; **6** = Hydrologie; p. a. = Puits artésien; s. m. = Source minérale; * = Renseignements paléontologiques, listes; Fig. = figure dans le texte.

NOMS DES LOCALITÉS.	PAGINATION ET NATURE DES RENSEIGNEMENTS FOURNIS PAR LE TEXTE.
B	
Baelen	*Mém.* 191, **1**, **2**, **3**.
Beeringen	*Mém.* 192, **1**, **2**, **3**, **4**, **6**.
Beernem	*Pr.-Verb* 101, **2**, **6**.
Blankenberghe	*Pr.-Verb.* 70, **6**.
Bois-de-Villez	*Pr.-Verb.* 10-11, **4***.
Boitsfort	*Mém.* 291-309, fig. **3**, **4**, **6**.
Bolderberg	*Mém.* 195-196, **1**, **2**, **3**, **4**, **6**.
Bon-Vouloir	*Pr.-Verb.* 247-248, **5**.
Bruges	*Mém.* 371-373, **3**, **4**.
Bruxelles	*Pr.-Verb.* 104, **2**, **6**; 303-304; 308-309, **5**. — *Mém.* 375, **3**.
C	
Campine (La)	*Mém.* 133-246, fig. **1**, **2**, **3**, **4**, **5**, **6**.
Capellen	*Mém.* 155, **4**.
Chanxhe	*Pr.-Verb.* 359, **1**, **1***, **5**, **6**.
Charleroi (Bassin de)	*Mém.* 110-117, **1**, **1***.
Comblain-au-Pont	*Pr.-Verb.* 362, **1**, **5**, **6**.
Comblain-la-Tour	*Pr.-Verb.* 362, **1**, **5**.
Coq-sur-Mer	*Pr.-Verb.* 69, **4**, **6**; 70, **6**.
Coursel	*Mém.* 200-204, **1**, **2**, **3**, **4**.
Cureghem	*Pr.-Verb.* 101, **2**, **6**.
D	
Diepenbeek	*Mém.* 205, **2**.
Dilsen	*Mém.* 240-242, **1**, **2**, **3**, **4**, **6**.
Dinant	*Pr.-Verb.* 81-82, **5**, **6**.
E	
Eelen	*Mém.* 229, **1**, **2**; 237-238, **1**, **2**, **3**, **4**.
Esneux	*Pr.-Verb.* 356-357, **1**, **5**.
Etterbeek	*Mém.* 275-284, fig. **3**, **3***, **4**.
Eykenberg	*Mém.* 213, **1**, **2**, **3**; 221, **4**.
Eysden	*Mém.* 150, **3**, **4**; 232-233, **1**, **2**, **3**, **4**.
Eysdenbosch	*Mém.* 233-234, **1**, **2**, **3**, **4**, **6**.

SIGNES CONVENTIONNELS :

1 = Terrain primaire; **2** = T. secondaire; **3** = T. tertiaire; **4** = T. quaternaire et moderne; **5** = Phénomènes géologiques; **6** = Hydrologie; p. a. = Puits artésien; s. m. = Source minérale; * = Renseignements paléontologiques, listes; Fig. = figure dans le texte.

NOMS DES LOCALITÉS.	PAGINATION ET NATURE DES RENSEIGNEMENTS FOURNIS PAR LE TEXTE.
G	
Gand	*Pr.-Verb.* 101, **2**, **6**.
Genck	*Mém.* 212-215, 220-221, **1**, **2**, **3**, **4**.
Gheel	*Mém.* 180-181, **1**, **2**, **3**.
Gingelom	*Pr.-Verb.* 101, **2**, **6**.
Grand-Halleux	*Pr.-Verb.* 364, **1**, **5**.
Grand-Manil	*Pr.-Verb.* 259-260, **1**. — *Mém.* 499-525, fig. **1**, **1***.
Gruitrode	*Mém.* 225, **2**, **3**, **4**.
H	
Hamme	*Pr.-Verb.* 101, **2**, **6**.
Hasselt	*Mém.* 189, **2**; 205-206, **2**, **3**, **4**.
Helchteren	*Mém.* 150, **3**, **4**; 207-209, **1**, **2**, **3**, **4**.
Heppen	*Mém.* 200-204, **1**, **2**, **3**, **4**.
Heusden	*Mém.* 199-200, **1**, **2**, **3**, **6**.
Heyst	*Pr.-Verb.* 70, **6**.
Hoesselt	*Mém.* 182-184, **1**, **2**, **3**, **3***, **4**.
Houthaelen	*Mém.* 150, **3**, **4**; 206-207, **1**, **2**, **3**.
Huy (Région)	*Mém.* 57-65, **1**.
K	
Kattenberg	*Mém.* 150, 219, **3**, **4**; 226, **1**, **2**, **3**, **4**.
Kelgterhof	*Mém.* 210-211, **1**, **2**, **3**, **3***, **4**, **6**.
Kermpt	*Mém.* 189, **2**.
Kessel	*Mém.* 169-171, **1**, **2**, **3**, **4**.
Ketelberg	*Mém.* 268-274, fig. **3**, **3***, **4**.
L	
Laeken	*Pr.-Verb.* 13-17, **2**, **2***; 101, **2**, **6**.
Lanaeken	*Mém.* 230, **1**, **2**, **3**, **4**.
Lanklaer	*Mém.* 150, **3**, **4**; 234-238, fig. **1**, **2**, **3**, **4**, **6**.
La Préalle	*Pr.-Verb.* 360, **1**, **5**.
Léau	*Pr.-Verb.* 101, **2**, **6**.
Leuth	*Mém.* 239-240, **1**, **2**, **3**, **4**.
Liége (Bassin de)	*Mém* 3-72, **1**; 73-99, **1***; 110-120, **1**, **1***.
Liége (Région de)	*Mém.* 9-31, fig. **1**.

SIGNES CONVENTIONNELS :

1 = Terrain primaire; **2** = T. secondaire; **3** = T. tertiaire; **4** = T. quaternaire et moderne; **5** = Phénomènes géologiques; **6** = Hydrologie; p. a. = Puits artésien; s. m. = Source minérale; * = Renseignements paléontologiques, listes; Fig. = figure dans le texte.

NOMS DES LOCALITÉS	PAGINATION ET NATURE DES RENSEIGNEMENTS FOURNIS PAR LE TEXTE.
Littoral (Le)	*Pr.-Verb.* 47-58, fig. **6**.
Louvain	*Pr.-Verb.* 101, **2**, **6**.
Louwel	*Mém.* 150, **3**, **4**; 227-228, **2**, **3**, **4**.
M	
Mechelen	*Mém.* 231-232, 238, **1**, **2**, **3**, **4**.
Meerhout	*Mém.* 190-191, **1**, **2**, **3**, **4**, **6**.
Meeswyck	*Mém.* 233-234, **1**, **2**, **3**, **4**, **6**.
Merxem	*Mém.* 158, **3***.
Merxplas	*Mém.* 159, **3***.
Meuwen	*Mém.* 150, **3**, **4**; 211-212, **1**, **2**, **3**, **4**.
Middelkerke	*Pr.-Verb.* 69, **6**.
Moll	*Pr.-Verb.* 67, **6**.
Mons	*Pr.-Verb.* 104, **2**, **6**.
N	
Neder-Over-Heembeek	*Mém.* 375, **3**.
Neufchâteau	*Pr.-Verb.* 298-299, **1***.
Nieuwerkerke	*Mém.* 194, **1**, **2**.
Noorderwyck	*Mém.* 174-176, **1**, **2**, **3**, **6**.
O	
Oolen	*Mém.* 179-180, **1**, **2**, **3**, **4**.
Op-Glabbeek	*Mém.* 150, **3**, **4**; 223, 225-226, **1**, **2**, **3**, **4**.
Op-Grimby	*Mém.* 231, **1**, **2**, **3**, **4**.
Opoeteren	*Mém.* 228, **3**, **4**.
Ostende	*Pr.-Verb.* 69, **4**, **6**; 101, **2**, **6**.
P	
Pael	*Mém.* 193-194, **1**, **2**, **3**.
Philippeville	*Pr.-Verb.* 90, **5**.
Poederlé	*Mém.* 158-159, **3***.
Poulseur	*Pr.-Verb.* 358-359, **5**.
Q	
Quatre-Bras	*Mém.* 314, 316-317, **3**, **4**.

SIGNES CONVENTIONNELS :

1 = Terrain primaire; **2** = T. secondaire; **3** = T. tertiaire; **4** = T. quaternaire et moderne; **5** = Phénomènes géologiques; **6** = Hydrologie; p. a = Puits artésien; s. m. = Source minérale; * = Renseignements paléontologiques, listes; Fig. = figure dans le texte.

NOMS DES LOCALITÉS.	PAGINATION ET NATURE DES RENSEIGNEMENTS FOURNIS PAR LE TEXTE.
R	
Renaix	*Pr.-Verb.* 101, **2**, **6**.
Rivage	*Pr.-Verb.* 360-361, **1**, **5**.
Rosoux	*Pr.-Verb.* 101, **2**, **6**.
Ryckevoorsel	*Pr.-Verb.* 17-20, **3***, **4**; 67, **3**, **6**. — *Mém.* 121-124, **3***.
S	
Saint-Gilles (Liége)	*Mém.* 3-9, **1**.
Saint-Michel	*Mém.* 370-371, **3**.
Saint-Symphorien	*Pr.-Verb.* 216-217, fig. **2**, **3**.
Salm-Château	*Pr.-Verb* 365, **1**.
Santhoven	*Mém.* 171-172, **1**, **2**, **3**, **6**.
Senne (Vallée de la)	*Pr.-Verb.* 20-41, fig. **3**, **5**. — *Mém.* 366-369, pl. **5**, **6**; 369-376, pl. **3**, **4**, **4***.
Seraing	*Mém.* 31-57, **1**.
Souverain-Pré	*Pr.-Verb.* 358, **1**, **5**.
Stockheim	*Mém.* 240 242, **1**, **2**, **3**, **4**, **6**.
Sutendael	*Mém.* 228-229, **1**, **2**, **3**, **4**.
T	
Tailfer	*Pr.-Verb.* 363, **1**.
Termonde	*Pr.-Verb.* 101, **2**, **6**.
Tervueren	*Pr.-Verb.* 93-94 **3**.
Tessenderloo	*Mém.* 189-190, **1**, **2**, **3**.
Tongerloo	*Mém.* 177, **1**, **2**, **3**.
Trois-Ponts	*Pr.-Verb.* 363-364, **1**, **5**.
Turnhout	*Mém.* 159, **3***.
V	
Varssenaere	*Mém.* 373, **3**.
Velu-Pont	*Pr.-Verb.* 16, **2**, **2***
Vielsalm	*Pr.-Verb.* 364-365, **1**, **5**.
Vilvorde	*Pr.-Verb.* 101, **2**, **6**; 105, **6**.
Vlimmeren	*Mém.* 150, **3**, **4**; 172-173, **1**, **2**, **3**, **4**.

SIGNES CONVENTIONNELS :

1 = Terrain primaire; **2** = T. secondaire; **3** = T. tertiaire; **4** = T. quaternaire et moderne; **5** = Phénomènes géologiques; **6** = Hydrologie; p. a = Puits artésien; s. m. = Source minérale; * = Renseignements paléontologiques, listes; Fig. = figure dans le texte.

NOMS DES LOCALITÉS.	PAGINATION ET NATURE DES RENSEIGNEMENTS FOURNIS PAR LE TEXTE.
W	
Wamont	*Mém.* 188-189, **1**, **2**, **3**, **4**.
Watermael	*Mém.* 284-291, fig. **3**, **3***, **4**, **6**, p. a.
Wenduyne	*Pr.-Verb.* 69, **4**, **6**; 70, **6**.
Westerloo	*Mém.* 177-178, **1**, **2**, **3**, **4**, **6**; 190, **3**.
Wyshaegen	*Mém.* 150, **3**, **4**; 221-222, **1**, **2**, **3**, **4**.
Z	
Zeelhem	*Mém.* 186-189, **1**, **2**, **3**, **4**.
Zolder	*Mém.* 196-199, **1**, **2**, **3**, **4**.
Zonhoven	*Mém.* 206, 209-210, **1**, **2**, **3**, **4**.

TABLE DES MATIÈRES

DES

COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES

DISPOSÉES SYSTÉMATIQUEMENT

ET PAR ORDRE DE CHRONOLOGIE GÉOLOGIQUE

PAR

le baron L. GREINDL
Secrétaire de la Société.

Géologie et paléontologie générales.

Lithologie, Minéralogie, Cristallographie, Pétrographie.

Pages.

A. Lacroix. La montagne Pelée et ses éruptions. Compte rendu par M. *W. Prinz* 178

Baron L. Greindl. Compte rendu sommaire de l'excursion du 12 juin à Saint-Symphorien 215

F. Rinne. Étude pratique des roches, à l'usage des ingénieurs et étudiants ès sciences naturelles; traduit et adapté par *L. Pervinquière.* Compte rendu par M. E. Mathieu. 218

E. Mathieu. Les tufs kératophyriques de Grand-Manil. 259

Eugène Maillieux. Sur la présence de cristaux de quartz dans le Calcaire couvinien 332

E. Mathieu. Quelques mots au sujet des cristaux de gypse signalés par M. Rutot dans l'argile ligniteuse du Landenien supérieur à Leval-Trahegnies 333

Visite du pavillon canadien à l'Exposition universelle de Liége . . . 355

Stratigraphie.

G. Simoens. Deuxième note sur la tectonique de la vallée de la Senne. 20

G. Simoens. Sur l'allure des terrains primaires, secondaires et tertiaires des paléocreux et des paléovallées de Mons et des environs de Douai. 157

Tectonique.

Pages.

G. Simoens. Deuxième note sur la tectonique de la vallée de la Senne. 20

Deladrier. Contribution à l'étude de la tectonique de la Belgique . . 89

C. Van de Wiele. Les théories nouvelles de la formation des Alpes et l'influence tectonique des affaissements méditerranéens 127

G. Simoens. Sur les effondrements et les plissements. 135

C. Van de Wiele. Réponse à M. *Simoens* sur la discussion relative aux théories nouvelles de la formation des Alpes 160

G. Simoens. Deuxième note sur les effondrements et les plissements. 174

A. W. Rogers. An introduction to the Geology of Cape Colony. Compte rendu par M. *Van de Wiele* 236

A. Stella. Il problemo geo-tettonico de l'Ossola e del Semplone. Compte rendu par M. *Van de Wiele* 239

Prof. Federico Sacco. L'Apennin septentrional et central . . 335

Prof. M. Lohest. Appareil à comprimer les roches. 351

Phénomènes sismiques et volcaniques.

A. Lacroix. La Montagne Pelée et ses éruptions. Compte rendu par M. *W. Prinz* 178

Tremblement de terre dans l'Inde anglaise 189

Em. de Munck. Une secousse sismique le 16 juillet 1905, à Bon-Vouloir en Havré. 247

E. Lagrange. Les sismogrammes du 16 juillet 1905 250

Fac-simile de la station sismologique de la Société à Frameries . . . 352

Paléontologie morphologique et descriptive.

A. Kemna. Les Astérolépidés, par Traquair. 109

Exposition de coupes d'arbres silicifiés de l'Arizona. 127

A. Kemna. Supplément aux récentes recherches de M. Traquair sur les Poissons devoniens et siluriens 228

L. Dollo. Les Dinosauriens bipèdes retournés à l'état quadrupède . . 251

Géographie physique et paléogéographie.

Dr A. Philippson. Wissenschaftlicher Ausflug « Siebengebirge-Rhein-Eifel-Mosel ». (Excursion scientifique aux Sept-Montagnes-Rhin-Eifel-Moselle.) 110

Dr E. Kaiser. Die Ausbildung des Rheinthales zwischen Neuwieder Becken und Bonn-Cölner Bucht. (La formation de la vallée du Rhin entre le bassin de Neuwied et l'anse de Bonn-Cologne.) Compte rendu par M. *J. Lorié* 110

Pages.

J. Cornet. L'allure de la surface des terrains primaires et celle des couches crétacées et tertiaires dans la région de Douai, d'après un récent travail de M. J. Gosselet 112

J. W. Spencer. Le cañon subocéanique de l'Hudson River . . . 122

G. Simoens. Sur l'allure des terrains primaires, secondaires et tertiaires des paléocreux et des paléovallées de Mons et des environs de Douai. 157

La tempête du 31 décembre 1904 dans la Baltique occidentale. . . . 190

La disparition du grand lac Salé 191

A. Demangeon. La Picardie et les régions voisines (Artois, Cambrésis, Beauvaisis). Compte rendu par M. *Van de Wiele* 240

Reliefs géologiques exposés par l'Université de Liége à l'Exposition universelle de Liége 354

Divers.

L. de Launay. La Science géologique. Ses méthodes, ses résultats, ses problèmes, son histoire. Compte rendu par M. *le baron L. Greindl.* 144

A. Hankar-Urban. Note sur des mouvements spontanés des roches dans les carrières 197

G. Simoens. A propos d'une récente tentative de comparaison entre la constitution interne de la Terre et celle de la Lune 204

A. de Lapparent. Traité de Géologie. Cinquième édition, refondue et considérablement augmentée. Compte rendu par M. *E. Van den Broeck* 281

Géologie appliquée.

Hydrologie.

René d'Andrimont. L'allure des nappes aquifères contenues dans les terrains perméables en petit, baignés par la mer. Résultats des recherches faites en Hollande démontrant l'exactitude de la thèse soutenue par l'auteur en ce qui concerne le littoral belge 47

Eug. Dubois. Études sur les eaux souterraines des Pays-Bas. L'eau douce du sous-sol des Dunes et des Polders 59

Baron O. van Ertborn. Note additionnelle à la communication précédente 66

René d'Andrimont. Quelques remarques formulées à la suite de l'article bibliographique de M. *van Ertborn* sur le travail de M. *E. Dubois* intitulé : *Études sur les eaux souterraines des Pays-Bas. L'eau douce du sous-sol des Dunes et des Polders* 67

René d'Andrimont. Note préliminaire sur une nouvelle méthode pour étudier expérimentalement l'allure des nappes aquifères dans les terrains perméables en petit. Application aux nappes aquifères qui se trouvent en relation directe avec les eaux de mer. 71

A. Deblon. Résumé d'une étude de M. *Gosselet* sur les nappes aquifères de la craie au Sud de Lille. 96

Pages.

Baron O. van Ertborn. Hydrologie de la craie en Belgique. 101

E. Van den Broeck. Notions acquises sur l'hydrologie de la craie en Belgique 102

A. Rutot. Le régime hydrologique de la craie en Belgique 104

René d'Andrimont. Le rôle hydrologique de l'orientation du fissurage de la craie 106

Pirsch. Le pouvoir bactéricide du sulfate de cuivre et sur l'emploi de ce sel pour la destruction des algues d'eau douce. 107

L'influence des forêts sur le régime des cours d'eau. 122

Conséquences curieuses de la montée artificielle d'eaux profondes dans la nappe phréatique 242

H. Schardt. Note sur l'origine des sources vauclusiennes de la Doux (source de l'Areuse) et de la Noiraigue, canton de Neuchâtel . . . 334

Spéléologie.

Edm. Rahir. La grotte de Dinant. 81

Id. Le Höll-Loch (Trou d'Enfer) à Muotathal (près du lac des Quatre-Cantons), en Suisse. 87

Sondages, puits artésiens.

Baron O. van Ertborn. Étude critique et rectificative au sujet des interprétations données jusqu'ici aux sondages houillers de la Campine 6

Bassins houillers.

Baron O. van Ertborn. Étude critique et rectificative au sujet des interprétations données jusqu'ici aux sondages houillers de la Campine 6

C. Cavallier. Exploration du terrain houiller en Lorraine française . 199

Divers.

C. Van de Wiele. Sur les glissements des limons et argiles et sur les conditions de stabilité des maçonneries (quais, etc.) 252

Vœu à émettre au sujet de la publication d'une nouvelle carte géologique de Belgique à l'échelle du 160 000e 294

Cl. Van Bogaert. Les quais d'Anvers 297

G. Simoens. A propos des quais d'Anvers 305

Géologie régionale.

Belgique.

Pages.

A. Rutot. Sur la présence de l'assise de Herve dans le sous-sol de Bruxelles 13

E. Dubois. Note sur une espèce de cerf d'âge icénien (Pliocène supérieur) : *Cervus Falconeri* Boyd Dawk. trouvée dans les argiles de la Campine. 17

G. Simoens. Deuxième note sur la tectonique de la vallée de la Senne. 20

A. Rutot. Sur l'âge de la glauconie de Lonzée 76

E. Rahir. La grotte de Dinant 81

Deladrier. Contribution à l'étude de la tectonique de la Belgique . . 89

M. Mourlon. L'extension probable du facies marin du Tongrien supérieur aux environs de Bruxelles (Tervueren) 93

G. Simoens. Sur l'allure des terrains primaires, secondaires et tertiaires des paléocreux et des paléovallées de Mons et des environs de Douai. 157

Baron L. Greindl. Compte rendu sommaire de l'excursion du 12 juin à Saint-Symphorien 215

M. Mourlon. Carte géologique de Belgique au 1 000 000e . . . 227

E. Mathieu. Les tufs kératophyriques de Grand-Manil. 259

Vœu à émettre au sujet de la publication d'une nouvelle carte géologique de Belgique à l'échelle du 160 000e 294

Duvigneaud. Note sur le gisement fossilifère des Blancs-Cailloux . . 296

J. Lorié. Quelques mots au sujet de l'âge géologique des couches de Tegelen, Turnhout et Cromer. 309

J. Lorié. Note supplémentaire à la précédente 316

Compte rendu sommaire de la session extraordinaire de 1905, tenue à Liége, avec excursions dans les terrains primaires des environs . . 347

Allemagne.

Dr A. Philippson. Wissenschaftlicher Ausflug « Siebengebirge-Rhein-Eifel-Mosel ». (Excursion scientifique aux Sept-Montagnes-Rhin-Eifel-Moselle.). 110

Dr E. Kaiser. Die Ausbildung des Rheinthales zwischen Neuwieder Becken und Bonn-Cölner Bucht. (La formation de la vallée du Rhin entre le bassin de Neuwied et l'anse de Bonn-Cologne.) Compte rendu par M. *J. Lorié* 110

France.

A. Deblon. Résumé d'une étude de M. Gosselet sur les nappes aquifères de la craie au Sud de Lille 96

C. Cavallier. Exploration du terrain houiller en Lorraine française . 199

A. Demangeon La Picardie et les régions voisines (Artois, Cambrésis, Beauvaisis). Compte rendu par M. *C. Van de Wiele* 240

Pays-Bas.

Pages

Eug. Dubois. Études sur les eaux souterraines des Pays-Bas. L'eau douce du sous-sol des Dunes et des Polders 59

Système alpin.

C. Van de Wiele. Les théories nouvelles de la formation des Alpes et l'influence tectonique des affaissements méditerranéens 127

A. Stella. Il problemo geo-tettonico del' Ossola e del Semplone. Compte rendu par M. *C. Van de Wiele* 239

Autres régions européennes.

F. Sacco. Les formations ophitifères du Crétacé. 91

Eug. Dubois. L'âge des différentes assises englobées dans la série du « Forest-Bed » ou Cromerien 263

Cl. Reid. Note au sujet du travail de M. Dubois sur le gisement de Cromer. (Extrait d'une lettre à M. Van den Broeck.) 317

F.-W. Harmer. Les relations entre les dépôts pliocènes de Tegelen et le soi-disant Forest-Bed de Cromer 320

Afrique.

A. de Lapparent. Sur l'extension des mers crétacées en Afrique . . 123

A.-W. Rogers. An introduction to the Geology of Cape Colony. Compte rendu par M. *C. Van de Wiele* 236

A. Rutot. La géologie de la vallée du Nil et les nouvelles découvertes éolithiques et paléolithiques qui y ont été faites 260

Autres régions.

J. W. Spencer. Le cañon subocéanique de l'Hudson River. (The submarine great cañon of the Hudson River, in *The American Geologist,* XXXIV, n° 5, p. 292, novembre 1904, Minneap.) Analysé par M. *Charles Rabot* 122

Géologie et paléontologie stratigraphiques.

Géologie primaire.

Baron O. van Ertborn. Étude critique et rectificative au sujet des interprétations données jusqu'ici aux sondages houillers de la Campine 6

Pages.

C. Cavallier. Exploration du bassin houiller en Lorraine française . 199

A. W. Rogers. An introduction to the Geology of Cape Colony. Compte rendu par M. *C. Van de Wiele* 236

E. Mathieu. Les tufs kératophyriques de Grand-Manil 259

Compte rendu sommaire de la session extraordinaire de 1905, tenue à Liége, avec excursion dans les terrains primaires des environs. . . 347

Paléontologie primaire.

Ad. Kemna. Supplément aux récentes recherches de M. Traquair sur les poissons devoniens et siluriens 228

Duvigneaud. Note sur le gisement fossilifère des Blancs-Cailloux . . 296

Géologie secondaire.

Baron O. van Ertborn. Étude critique et rectificative au sujet des interprétations données jusqu'ici aux sondages houillers de la Campine 6

A. Rutot. Sur la présence de l'assise de Herve dans le sous-sol de Bruxelles. 13

A. Rutot. Sur l'âge de la glauconie de Lonzée 76

F. Sacco. Les formations ophitifères du Crétacé 92

A. de Lapparent. Sur l'extension des mers crétacées en Afrique . . 123

C. Cavallier. Exploration du bassin houiller en Lorraine française . 199

Baron L. Greindl. Compte rendu sommaire de l'excursion du 12 juin à Saint-Symphorien 215

A. W. Rogers. An introduction to the Geology of Cape Colony. Compte rendu par M. *C. Van de Wiele* 236

Coupes des morts-terrains de la Campine. 350

Paléontologie secondaire.

A. Rutot. Sur l'âge de la glauconie de Lonzée 76

Géologie tertiaire.

Baron O. van Ertborn. Étude critique et rectificative au sujet des interprétations données jusqu'ici aux sondages houillers de la Campine 6

G. Simoens. Deuxième note sur la tectonique de la vallée de la Senne. 20

M. Mourlon. L'extension probable du facies marin du Tongrien supérieur aux environs de Bruxelles (Tervueren). 93

Pages.

A. Rutot. La géologie de la vallée du Nil et les nouvelles découvertes éolithiques et paléolithiques qui y ont été faites 260

Eug. Dubois. L'âge des différentes assises englobées dans la série du « Forest-Bed » ou Cromerien. 263

J. Lorié. Quelques mots au sujet de l'âge géologique des couches de Tegelen, Turnhout et Cromer 309

J. Lorié. Note supplémentaire à la précédente. 316

Cl. Reid. Note au sujet du travail de M. Dubois sur le gisement de Cromer. (Extrait d'une lettre à M. Van den Broeck.) 317

F. W. Harmer. Les relations entre les dépôts pliocènes de Tegelen et le soi-disant Forest-Bed de Cromer 320

Coupes des morts-terrains de la Campine 350

Paléontologie tertiaire.

E. Dubois. Note sur une espèce de cerf d'âge icénien (Pliocène supérieur) : *Cervus Falconeri* Boyd Dawk. trouvée dans les argiles de la Campine 17

E. Dubois. L'âge des différentes assises englobées dans la série du « Forest-Bed » ou Cromerien 263

Géologie quaternaire.

Eug. Dubois. Études sur les eaux souterraines des Pays-Bas. L'eau douce du sous-sol des Dunes et des Polders. Analyse par M. *le baron O. van Ertborn* 59

A. Rutot. La géologie de la vallée du Nil et les nouvelles découvertes éolithiques et paléolithiques qui y ont été faites 260

J. Lorié. Quelques mots au sujet de l'âge géologique des couches de Tegelen, Turnhout et Cromer. 309

Note supplémentaire à la précédente 316

Cl. Reid. Note au sujet du travail de M. Dubois sur le gisement de Cromer. (Extrait d'une lettre à M. Van den Broeck.) 317

F.-W. Harmer. Les relations entre les dépôts pliocènes de Tegelen et le soi-disant Forest-Bed de Cromer 320

Paléontologie quaternaire.

Comte Ad. de Limburg-Stirum. Deux trouvailles dans les tourbières de l'Ardenne. 10

Préhistoire.

Pages

Comte Ad. de Limburg-Stirum. Deux trouvailles dans les tourbières de l'Ardenne 10

A. Rutot. La géologie de la vallée du Nil et les nouvelles découvertes éolithiques et paléolithiques qui y ont été faites 260

Georges Engerrand. Six leçons de Préhistoire. Compte rendu par M. *A. Rutot* 278

Société préhistorique de France. Manuel de Recherches préhistoriques. Compte rendu par M. le *Dr Victor Jacques* 278

Biographies.

C. Van de Wiele. Pietro Tacchini 196

Dr J. Lorié. Le Dr J. L. C. Schroeder Van der Kolk et son œuvre . . 230

INDEX DES RUBRIQUES

DE LA

TABLE CHRONOLOGIQUE

Pages.

1. GÉOLOGIE ET PALÉONTOLOGIE GÉNÉRALES L
   Lithologie, Minéralogie, Cristallographie, Pétrographie L
   Stratigraphie L
   Tectonique LI
   Phénomènes sismiques et volcaniques LI
   Paléontologie morphologique et descriptive LI
   Géologie physique et paléogéographie LI
   Divers LII
2. GÉOLOGIE APPLIQUÉE LII
   Hydrologie LII
   Spéléologie LIII
   Sondages, puits artésiens LIII
   Bassins houillers LIII
   Divers LIII
3. GÉOLOGIE RÉGIONALE LIV
   Belgique LIV
   Allemagne LIV
   France LIV
   Pays-Bas LV
   Système alpin LV
   Autres régions européennes LV
   Afrique LV
   Autres régions LV
   GÉOLOGIE ET PALÉONTOLOGIE STRATIGRAPHIQUES LV
4. GÉOLOGIE PRIMAIRE LV
5. PALÉONTOLOGIE PRIMAIRE LVI
6. GÉOLOGIE SECONDAIRE LVI
7. PALÉONTOLOGIE SECONDAIRE LVI
8. GÉOLOGIE TERTIAIRE LVI
9. PALÉONTOLOGIE TERTIAIRE LVII
10. GÉOLOGIE QUATERNAIRE LVII
11. PALÉONTOLOGIE QUATERNAIRE LVII
12. PRÉHISTOIRE LVIII
13. BIOGRAPHIES LVIII

TABLE GÉNÉRALE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME XIX (1905)

DES

PROCÈS-VERBAUX DE LA SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE

DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES.

Séance mensuelle du 17 janvier 1905.

Pages

Baron O. van Ertborn. Étude critique et rectificative au sujet des interprétations données jusqu'ici aux sondages houillers de la Campine 6

Comte Ad. de Limburg-Stirum. Deux trouvailles dans les tourbières de l'Ardenne 10

A. Rutot. Sur la présence de l'assise de Herve dans le sous-sol de Bruxelles . 13

Eug. Dubois. Note sur une espèce de cerf d'âge icénien (Pliocène supérieur) : *Cervus Falconeri* Boyd Dawk. trouvé dans les argiles de la Campine (*Résumé*) . 17

G. Simoens. Deuxième note sur la tectonique de la vallée de la Senne . . . 20

Séance mensuelle du 21 février 1905.

Ordre du jour provisoire de la Section de Géologie appliquée, du Congrès international des Mines, de la Métallurgie, de la Mécanique et de la Géologie appliquées, qui se tiendra à Liége en 1905 42

L. Dollo. Un nouvel opercule tympanique de « Plioplatecarpus » *(Résumé)*. . 47

René d'Andrimont. L'allure des nappes aquifères contenues dans les terrains perméables en petit, baignés par la mer. — Résultats des recherches faites en Hollande démontrant l'exactitude de la thèse soutenue par l'auteur en ce qui concerne le littoral belge 47

Eug. Dubois. Études sur les eaux souterraines des Pays-Bas. L'eau douce du sous-sol des Dunes et des Polders (*Résumé* par O. van Ertborn) 59

Baron O. van Ertborn. Note additionnelle 66

René d'Andrimont. Quelques remarques formulées à la suite de l'article bibliographique de M. van Ertborn sur le travail intitulé : Études sur les eaux souterraines des Pays-Bas. L'eau douce du sous-sol des Dunes et des Polders. 67

Pages

René d'Andrimont. Note préliminaire sur une nouvelle méthode pour étudier expérimentalement l'allure des nappes aquifères dans les terrains perméables en petit. Application aux nappes aquifères qui se trouvent en relation directe avec les eaux de mer 71

A. Rutot. Sur l'âge de la glauconie de Lonzée 76

Edm. Rahir. La grotte de Dinant 81

Séance mensuelle du 21 mars 1905

Edm. Rahir. Le Höll-Loch (Trou d'Enfer) à Muotathal (près du lac des Quatre-Cantons), en Suisse 87

Deladrier. Contribution à l'étude de la tectonique de la Belgique. . . 89

Mourlon. L'extension probable du facies marin du Tongrien supérieur aux environs de Bruxelles (Tervueren) 93

Séance complémentaire du 4 avril 1905.

A. Deblon. Résumé d'une étude de M. Gosselet sur les nappes aquifères de la craie au Sud de Lille 96

Baron O. van Ertborn. Hydrologie de la craie en Belgique 101

E. Van den Broeck. Notions acquises sur l'hydrologie de la craie en Belgique. 102

A. Rutot. Le régime hydrologique de la craie en Belgique 104

René d'Andrimont. Le rôle hydrologique de l'orientation du fissurage de la craie 106

Pirsch. Le pouvoir bactéricide du sulfate de cuivre et sur l'emploi de ce sel pour la destruction des algues d'eau douce (*Résumé*) 107

A. Kemna. Les Astérolépidés, par Traquair 109

Annexe a la Séance.

Bulletin bibliographique.

Dr A. Philippson. Wissenschaftlicher Ausflug « Siebengebirge-Rhein-Eifel-Mosel » 110

Dr E. Kaiser. Die Ausbildung des Rheinthales zwischen Neuwieder Becken und Bonn-Cölner Bucht (*Résumé de ces deux travaux par* M. J. Lorié) . . . 110

J. Cornet. L'allure de la surface des terrains primaires et celle des couches crétacées et tertiaires dans la région de Douai, d'après un récent travail de M. J. Gosselet 112

Notes et informations diverses.

J.-W. Spencer. Le cañon subocéanique de l'Hudson River. 122

L'influence des forêts sur le régime des cours d'eau 122

A. de Lapparent. Sur l'extension des mers crétacées en Afrique. 122

Séance mensuelle du 18 avril 1905.

Pages.

C. Van de Wiele. Les théories nouvelles de la formation des Alpes et l'influence tectonique des affaissements méditerranéens (*Résumé*) 127

G. Simoens. Sur les effondrements et les plissements 135

ANNEXE A LA SÉANCE.

Bulletin bibliographique.

L. de Launay. La science géologique. Ses méthodes, ses résultats, ses problèmes, son histoire 144

Séance mensuelle du 16 mai 1905.

G. Simoens. Sur l'allure des terrains primaires, secondaires et tertiaires des paléocreux et des paléovallées de Mons et des environs de Douai (*Résumé*). 157

Suite de la discussion sur les théories nouvelles de la formation des Alpes . . 160

G. Simoens. Deuxième note sur les effondrements et les plissements . . . 174

ANNEXE A LA SÉANCE.

Bulletin bibliographique.

A. Lacroix. La montagne Pelée et ses éruptions. 178

Notes et informations diverses.

Tremblement de terre dans l'Inde anglaise 189

La tempête du 31 décembre 1904 dans la Baltique occidentale 190

La disparition du grand lac Salé. 191

Séance mensuelle du 20 juin 1905.

Pietro Tacchini (*Nécrologie*) 196

Recherches de houille en Meurthe-et-Moselle (*Résumé*) 199

G. Simoens. A propos d'une récente tentative de comparaison entre la constitution interne de la Terre et celle de la Lune 204

Baron L. Greindl. Compte rendu sommaire de l'excursion du 12 juin, à Saint-Symphorien 215

ANNEXE A LA SÉANCE.

Bulletin bibliographique.

F. Rinne. Étude pratique des roches 218

Séance mensuelle du 18 juillet 1905.

Pages

Supplément aux récentes recherches de M. Traquair sur les Poissons devoniens et siluriens 228

Dr J. Lorié. Le Dr J.-L.-C. Schroeder Van der Kolk et son œuvre 230

ANNEXE A LA SÉANCE.

Bulletin bibliographique.

A. W. Rogers. An introduction to the Geology of Cape Colony 236

A. Stella. Il problemo geo-tettonico del'Ossola e del Semplone 239

A. Demangeon. La Picardie et les régions voisines (Artois, Cambrésis, Beauvaisis) 240

Notes et informations diverses.

Conséquences curieuses de la montée artificielle d'eaux profondes dans la nappe phréatique 242

Séance mensuelle du 17 octobre 1905.

Ed. de Munck. Une secousse sismique le 16 juillet 1905, à Bon-Vouloir en Havré 247

E. Van den Broeck. Observations au sujet de cette communication. . . . 248

E. Lagrange. Les sismogrammes du 16 juillet 1905 250

L. Dollo. Les Dinosauriens bipèdes retournés à l'état quadrupède (*Résumé*). . 251

C. Van de Wiele. Sur les glissements des limons et argiles et sur les conditions de stabilité des maçonneries (quais, etc.). 252

E. Mathieu. Les tufs kératophyriques de Grand-Manil (*Résumé*) 259

A. Rutot. La géologie de la vallée du Nil et les nouvelles découvertes éolithiques et paléolithiques qui y ont été faites 260

Eug. Dubois. L'âge des différentes assises englobées dans la série du « Forest-Bed » ou Cromerien 263

ANNEXE A LA SÉANCE.

Bulletin bibliographique.

Georges Engerrand. Six leçons de Préhistoire. 279

Manuel de Recherches préhistoriques 279

A. de Lapparent. Traité de Géologie, 5e éd. (*C. r. par* E. Van den Broeck). . 281

Séance mensuelle du 21 novembre 1905.

Baron L. Greindl. Vœu à émettre au sujet de la publication d'une nouvelle carte géologique de Belgique à l'échelle du 160 000e 294

M. Duvigneaud. Note sur le gisement fossilifère des Blancs-Cailloux . . . 296

M. Cl. Van Bogaert. Les quais d'Anvers. (*Suite de la discussion ouverte à la séance du 17 octobre.*) 297

G. Simoens. A propos des quais d'Anvers 305

J. Lorié. Quelques mots au sujet de l'âge géologique des couches de Tegelen, Turnhout et Cromer 309

M. Simoens. Sur l'origine de la brèche du Calcaire carbonifère 314

Séance supplémentaire du 5 décembre 1905.

E. Van den Broeck. Les temps pliocènes et préglaciaires dans les comtés de l'Est en Angleterre, dans leurs rapports avec le Cromerien. — Le prétendu Forest-Bed; le gisement et sa faune. (*Communication orale.*) 315

J. Lorié. Note supplémentaire à *Quelques mots au sujet de l'âge géologique des couches de Tegelen, Turnhout et Cromer* 316

Cl. Reid. Note au sujet du travail de M. Dubois sur le gisement de Cromer. (*Extrait d'une lettre* à M. Van den Broeck.) 317

F.-W. Harmer. Les relations entre les dépôts pliocènes de Tegelen et le soi-disant Forest-Bed de Cromer 320

F.-W. Harmer. L'horizon weybournien du Crag icénien dans l'Est de l'Angleterre 322

Séance mensuelle du 19 décembre 1905.

Eugène Maillieux. Sur la présence des cristaux de Quartz dans le calcaire couvinien 332

Capitaine Mathieu. Quelques mots au sujet des cristaux de gypse signalés par M. Rutot dans l'argile ligniteuse du Landenien supérieur à Leval-Trahegnies . 333

H. Schardt. Note sur l'origine des sources vauclusiennes de la Doux (source de l'Areuse) et de la Noiraigue, canton de Neuchâtel 334

Profr Federico Sacco. L'Apennin septentrional et central. (*Resumé.*) . . . 335

A. Rutot. Géologie et Préhistoire 336

Annexe a la Séance.

Bulletin bibliographique.

Guido Alfani, D. S. P. Il terremoto calabrese 337

Assemblée générale annuelle de clôture de l'exercice 1905.
(Séance du 17 février 1906.)

Pages.

Rapport annuel du Président 341

Baron L. Greindl. Compte rendu sommaire de la session extraordinaire de 1905, tenue à Liége, avec excursions dans les terrains primaires des environs 347

Rapport de M. le Trésorier Ch. Fiévez 365

Rapport de M. le Bibliothécaire 368

Session annuelle extraordinaire de 1906 et programme des excursions de l'année. — Conférences 370

Communications diverses du Conseil 371

Élections. 372

Composition du Bureau, du Conseil et des Comités pour l'année 1906. . . . 372

TABLES, INDEX ET LISTES.

Liste générale des Membres de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie I

Bibliothèque de la Société :

1° Liste des auteurs d'ouvrages *non périodiques* reçus en don par la Société pendant l'année 1905 XXVII

2° Liste générale des échanges *périodiques* faits par la Société, comprenant la liste des ouvrages périodiques reçus en échange par la Société pendant l'année 1905 XXX

Index alphabétique des **localités belges** au sujet desquelles le présent volume fournit des renseignements géologiques, paléontologiques et hydrologiques. XLIX

Table des matières des **communications scientifiques**, disposées systématiquement et par ordre de **chronologie géologique** L

Index des rubriques de la Table chronologique LIX

Table générale des matières contenues dans le tome XVIII (1905) des *Procès-Verbaux de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie* LX

ERRATA

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES.

Page 133, ligne 11, *au lieu de :* Böthberg, *lisez :* Bötzberg.

Page 133, ligne 17, *au lieu de :* de courte, *lisez :* courbe.

Page 134, ligne 12, *au lieu de :* au massif de Bohême, *lisez :* à celui de Bohême.

Page 135, ligne 9, *au lieu de :* superficiel, *lisez :* à la superficie.

Page 135, ligne 18, *au lieu de :* Günbel, *lisez :* Gümbel.

EXPLICATION DES PLANCHES XIII ET XIV

PLANCHE XIII

FIG. 1. — Cube de pyrite, arraché à la roche, auquel restent fixés des ailerons de phyllade (Houffalize; grandeur naturelle).

FIG. 2. — Débris de phyllade percé par l'angle d'un cube de pyrite. La schistosité n'est pas dérangée dans le voisinage du cristal (Houffalize; grandeur naturelle).

FIG. 3. — Cassure transversale du phyllade de Houffalize. Apparence de flexure causée par un cube très déformé ayant l'orientation habituelle; en réalité, la schistosité est peu dérangée en ce point (grandeur naturelle).

FIG. 4. — Schéma de la disposition fréquente des cubes de pyrite dans ces phyllades. Les angles *a* et *b* semblent plus aigus que *c* et *d*.

FIG. 5. — Cube avec apparence de face défoncée. Une arête voisine de la trémie, au bas du dessin, a un angle rentrant (Houffalize; $\times$ 1 $^1/_2$).

FIG. 6. — Cube avec petite trémie très profonde (Houffalize ; $\times$ 1 $^1/_2$).

FIG. 7. — Développement d'un cube de pyrite altéré en limonite, ayant l'aspect d'un prisme oblique. Des enfoncements excentriques, à gradins, sont reconnaissables sur toutes les faces (Houffalize; $\times$ 1 $^1/_2$).

FIG. 8. — Grand cube dont une face est entamée par une trémie à gradins bien marqués (Houffalize; $\times$ 1 $^1/_2$).

FIG. 9. — Coupe du vide abandonné, dans le schiste, par la disparition d'un cube déformé de pyrite. Celui-ci a fourni un moulage des trémies sous forme de petites pyramides de quartz fibreux. Un cinquième côté, non représenté, formant le fond de la cavité, a également une pyramide assez élevée (Houffalize ; $\times$ 1 $^1/_2$).

FIG. 10. — Moulage en relief, par la matière schisteuse, de la trémie d'un cristal de pyrite, vu du dessus. Un des côtés du vide présente un faible angle rentrant. Le plan est accompagné d'une coupe verticale montrant l'obliquité des gradins de la trémie (Houffalize ; $\times$ 1 $^1/_2$).

FIG. 11. — Partie d'une coupe oblique polie d'un cube de pyrite fissuré, en place dans le phyllade, pour montrer les faces à gradins et une trémie (Houffalize; $\times$ 1 $^1/_2$).

FIG. 12. — Échantillon analogue au précédent. La pyrite est légèrement altérée : des veines limoniteuses se propagent vers le centre du cristal. Ce dernier est entouré de quartz, dont les fibres restent parallèles entre elles, même au delà de la pyrite. La coupe a été faiblement corrodée à l'acide azotique pour mettre la structure interne en évidence (Houffalize ; $\times$ 5).

Fig. 13. — Coupe polie d'un fragment de cube en place dans la roche (grandeur naturelle). La structure squelettique est rendue plus évidente par le contour figuré au-dessus sous un agrandissement de trois fois (Houffalize).

Fig. 14. — Coupe polie et corrodée à l'acide azotique, prise un peu obliquement près d'une face d'un cube déformé, pour mettre en évidence la forme totalement différente de l'intérieur du cristal. Les angles plans du noyau, dans le bas du dessin, sont : 121° et 92° environ (Houffalize; × 2).

Fig. 15. — Échantillon corrodé, analogue au précédent. La coupe passe près du centre du cube (Houffalize; × 2).

Fig. 16. — Cassure transversale du phyllade avec cube de pyrite en place. Il reste un vide dans la roche (pointillé) que le quartz ne remplit pas. Les fibres de ce minéral sont à peu près normales à la roche et non au cube. Si l'enduit avait été décollé après coup, par glissement et pincement, il se serait certainement broyé près du joint, dans l'angle aigu (Houffalize ; × 8).

Fig. 17. — Cassure de phyllade avec cube en place. Remplissage imparfait par du quartz fibreux, surtout implanté sur la paroi de la roche (Houffalize; × 8).

Fig. 18 et 19. — Faces naturelles de cubes de pyrite des schistes aimantifères de Deville, montrant une striation analogue à celle que l'on obtient par corrosion sur les cristaux de Houffalize (grandeur naturelle).

Fig. 20. – Profil d'un groupe de cubes déformés de pyrite, en place dans une cassure transversale du schiste de Vielsalm. Les cristaux, d'un beau poli, ont des trémies marquées. La roche était si peu plastique, qu'elle a laissé des vides allongés (en noir) des deux côtés des cubes; les deux faces de chacun de ces vides sont polies et striées dans le sens de l'écrasement. Ici la masse schisteuse se ploie autour des cristaux, tandis qu'à Houffalize le feuilletage n'est ordinairement pas dérangé. La roche de cette dernière localité était donc plus plastique dans des cas tels que figures 2. 3, 11 et 13, ou bien la compression fut plus énergique.

PLANCHE XIV

Fig. 21. – Coupe, en lame mince, montrant quelques strates ployées de la roche dolomitique du Röthi, sous un faible grossissement (× 15). Les parties schisteuses (*sch.*) sont ondulées et recoupées de petites failles, entre lesquelles les feuillets micacés sont ployés en ∽. Les strates dolomitiques (*dol.*), plus cassantes, sont crevassées, par déchirement, en zigzags analogues à ceux de la figure 24, mais moins réguliers. Le remplissage entre les décollements des couches *dol.* et *sch.* est constitué de cristaux de dolomie et de quartz orientés de façon alternante, comme le montre le détail, figure 21*a*, sous une amplification double (*d* cristaux de dolomie; *q* cristaux de quartz). — × 30.

Fig. 22. — Couches ployées et brisées de dolomie de la roche du Röthi.

Fig. 23. — Couche de dolomie (*dol.*) de la roche du Röthi, brisée au sommet d'un petit pli. Les cristaux de quartz (*q*) sont alternativement courbés dans un sens et dans l'autre. Les cristaux de dolomie (*d*) se sont formés après l'accident, car sous un grossissement suffisant, on en trouve sur les surfaces de la brisure. — × 30.

FIG. 24. — Débris argileux, moins plastique que l'argile à briques qui l'englobe partiellement; il a été étiré et s'est fissuré en zigzags réguliers. La partie représentée n'offre nulle part de solution de continuité complète. — Agrandi au double.

FIG. 25. — Coupe normale à la stratification, d'un grès imprégné de silice, de l'Afrique équatoriale. Les différentes couches se sont décollées et brisées. Le quartz remplit les vides; ses cristaux sont partout normaux aux surfaces. Entre les couches 3 et 4, l'espace n'est pas comblé, le revêtement siliceux conservant son épaisseur. Sur la seconde face de cet échantillon, qui a la forme d'une plaque de 11 millimètres d'épaisseur, les cassures ont une autre disposition (fig. 25*a*). Enfin, l'examen microscopique établit l'existence d'un grand nombre de fêlures, à faibles rejets, imprégnées de de silice; elles sont invisibles à l'œil nu. L'ensemble de cette fissuration (partiellement représentée) a facilité le ploiement de la roche. — Grand. nat.

FIG. 26. — Bloc de phyllade violet de Salm-Château, scié et poli, montrant en grandeur naturelle, le plissement d'une mince couche de coticule jaune clair (pointillé). Les lisérés ont été omis. Deux des brisures de la couche, celle qui coupe le jambage de gauche du pli et celle qui est près du bord à gauche, montrent de petits déplacements. Au sommet du pli est une rupture, en forme de V, qu'on retrouvera sur la figure ci-après. Les zones plus claires du phyllade (hachurées) indiquent les mouvements de la pâte entourant le coticule. Les principales fissures ont été tracées d'après la méthode indiquée dans le texte. Plusieurs convergent vers un joint passant dans l'axe du pli. Ces fissures représentent l'allure de la schistosité dans cette partie de la roche. Le plus souvent leur direction est indépendante de celle des zones claires.

Le rapide changement dans la forme des plis est indiqué par la figure 26*a* qui donne la coupe de la couche de coticule du même bloc, prise à 7 centimètres en arrière de la précédente.

Ce même échantillon nous fournit l'occasion de constater le degré de plasticité relative des diverses parties de ces roches reconnaissables sur la figure complémentaire ci-contre (26*b*), qui n'a pu trouver place sur la planche XIV. L'amplification, au double, du pli de la figure 26 permet de voir les deux lisérés rouges bordant le coticule : l'interne R_1, constitué par plusieurs fines couches rigoureusement parallèles, et l'externe R, qui est simple. Un pointillé les distingue des parties V et V_1 représentant le phyllade violet sombre. A l'extérieur de la couche de coticule proprement dit (*Cot.*), entre celui-ci et le liséré R, se trouve encore une fine couche jaunâtre, marquée *c*, qui accompagne la plupart des bandes de coticule d'un seul côté. Sous une certaine amplification elle

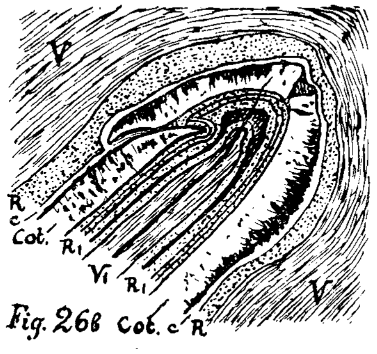


Fig. 26b

n'a pas, vers l'extérieur, la limite arrêtée qu'indique le dessin; son bord est flou et passe insensiblement au liséré suivant, R. C'est du coticule imparfait, car, en lame mince, on y retrouve les mêmes éléments, mais le grenat y est moins abondant, tandis que dans le coticule proprement dit, les granules de spessartine se touchent au point d'exiger un amincissement excessif des préparations microscopiques. A Vielsalm, il semble de règle que ce liséré pâle *c* soit du côté opposé à celui où les « noyaux » noirs s'approchent des couches minces de coticule. En somme, le liseré *c* fait partie du phyllade, auquel il reste adhérer lorsque l'échantillon se fend près du coticule (voir explic. fig. 28). Il est remarquable de voir que jamais les infiltrations de manganèse (en noir), qui soulignent souvent si bien les gerçures radiales du coticule, n'entrent dans le liséré jaunâtre *c*. Au microscope, la séparation reste nette, à part un peu d'infiltration brunâtre, par places.

La plasticité plus grande, de la masse englobant le coticule, est évidente sur ce dessin (26 *b*). Il ne représente qu'imparfaitement l'original, où les contournements de la pâte refoulée sont, comme sur tous ces échantillons, d'une remarquable délicatesse. La dureté plus grande de la couche *Cot.* est établie par les brisures déjà mentionnées et aussi par la rupture qui sépare le sommet du pli. Cet accident a créé un petit espace triangulaire, rempli de silice, vers lequel les liserés, *c* et R se sont infléchis.

Ce qui rend ces échantillons particulièrement démonstratifs, c'est que toutes ces couches, discernables par leurs colorations, sont de composition identique, d'une homogénéité et d'une finesse de grain étonnantes, de sorte qu'il est inadmissible que la force capable de faire « couler » la masse appelée phyllade ait été impuissante à pétrir des feuillets de 2 ou 3 millimètres d'épaisseur, désignés sous le nom de coticule, qui y sont intercalés. La seule interprétation possible est que, si la consistance un peu supérieure du coticule a suffi à empêcher qu'il soit malaxé entre les autres couches, ces dernières devaient être plastiques sous des efforts relativement faibles, donc être assez molles.

FIG. 27. — Autre échantillon de phyllade de Salm-Château, préparé comme le précédent et représenté en grandeur naturelle. Les liserés ont été omis. Il est intéressant à cause du déplacement qu'ont subi les deux extrémités de la couche de coticule, après rupture. Cette partie est agrandie au double, figure 27*c*, où l'on retrouve les particularités décrites pour l'échantillon précédent. La couche de coticule imparfait *c* semble ici un peu plus résistante; néanmoins c'est elle qui fournit la partie élargie, effeuillée et étirée en un filament, joignant les deux extrémités de la couche *Cot.* brisée. La bande *c* est composée de plusieurs feuillets probablement de consistance différente; c'est elle qui a aussi donné le petit retroussement qui est au bout de la partie supérieure de la couche *Cot.* vers la droite. Le coticule est tronçonné, avec petits déplacements, tandis les liserés R (pointillé) et le phyllade V se comportent comme des masses pâteuses.

La disposition des fissures courbes de cet échantillon est curieuse à suivre sur la figure 27. La variabilité d'allure des plissements, à de courtes distances, est indiquée par les deux coupes figures 27*a* et 27*b*, prises à 5 centimètres en avant et en arrière de celle qu'on vient de décrire.

FIG. 28. — Troisième échantillon des mêmes phyllades, représenté dans des conditions identiques, sauf qu'on a indiqué la couche *c*, afin de montrer que dans le milieu de la pièce elle a disparu avec le phyllade manquant à cette place (trait interrompu).

Par la coupe figure 28*a*, prise à 7 centimètres en avant, on reconnaît que les plis sont plus accusés encore en ce point, mais ils sont accompagnés de ruptures et de chevauchements.

FIG. 29. — Petit vide entre les feuillets d'un coticule très chiffonné d'Ottré.

Il est comblé par de la silice et des grenats désignés comme secondaires dans le texte. Les petits points indiquent à peu près les dimensions des granules de spessartine de la roche. Ceux de la petite cavité sont donc environ dix fois plus gros. — × 30.

On trouve ces minuscules géodes dans des échantillons tels que figure 36.

FIG. 30. — Échantillon de coticule de Salm-Château, avec brisure et chevauchement de la couche de coticule. Le bord supérieur, tranchant et très effilé, pénètre dans les lisérés et les refoule. A 1 centimètre en avant, le chevauchement change de sens, comme l'indique la coupe figure 30*a*. Grandeur naturelle.

FIG. 31. — Pièce de coticule de Salm Château, ayant 6 à 7 millimètres d'épaisseur, complètement isolée du phyllade. Elle est représentée en demi-grandeur. Sa forme, assez compliquée, est reconnaissable par quatre coupes indiquées en pointillé. L'échantillon rappelle les lames de verre brisées par torsion (Daubrée); le coticule devait donc avoir une certaine dureté pour se fissurer ainsi. Dans certaines pièces il existe un clivage latent qui ne se met en évidence qu'au moment où on cherche à les détacher; d'autres encore montrent nettement le réseau de fractures, grâce à des infiltrations de manganèse.

FIG. 32. — Partie d'une couche de coticule déchirée et recoupée par des fissures en zigzag. Afin de mettre les fissures remplies de silice en évidence, on a employé la lumière polarisée; sous cet éclairage, la bande de coticule, surtout composée de grenats isotropes, paraît noire. — × 10.

La figure 32*a* représente la partie supérieure de cette couche sous un grossissement plus considérable (× 100) et en lumière ordinaire. La dilacération est évidente. L'enduit de manganèse (en noir) qui couvre souvent le coticule, est interrompu. Les lamelles de séricite sont toutes parallèles et relient les parois des déchirures; le quartz remplit les vides. Ces deux figures sont à comparer à la figure 24.

FIG. 33. — Lame mince dans un pli aigu du coticule de Vielsalm.

Vue d'ensemble sous un faible grossissement (× 4), permettant de reconnaître les déchirures nombreuses de la couche *Cot.* La couche *c* montre des décollements en S et des chiffonnements, qui indiquent les glissements du phyllade V_1 pincé entre les jambages du pli; cette partie de phyllade est sectionnée par une fissure médiane et le rejet est sensible par le manque de concordance des couches R_1. La fissure ne pénètre pas dans le coticule.

FIG. 34. — Détail microscopique d'un filament analogue à celui de la figure 27*c*, reliant deux parties d'une couche de coticule chevauchant l'une sur l'autre (Vielsalm). Grossissement moyen (env. × 20). Le phyllade violet

(*phy.*), plus tendre, est courbé et dilacéré dans le sens de la friction. La partie la plus exposée du coticule a aussi fourni une petite traînée de grenats, interlaminée dans la masse séricileuse du filament. Le quartz de remplissage est souvent en grains allongés, situés entre les mailles du réseau micacé.

FIG. 35. — Lame mince taillée dans une couche de coticule, dont la partie supérieure, en contact avec le phyllade V_1, est unie. Dans la partie inférieure, au contraire, le phyllade en se déplaçant s'est faillé (rabotage), et les petites failles intéressent non seulement les lisérés rouges, mais encore une couche jaune de coticule imparfait. Le tout a glissé sur le plan *a b* formant la limite du coticule proprement dit, plus résistant. — × 2 environ.

Comme ces détails disparaissent sur les pièces simplement dressées et polies, où le joint *a b* est invisible, on croit voir des prolongements épineux du coticule s'enfonçant dans le phyllade V_2.

FIG. 36. — Échantillon poli de coticule d'Ottré, mettant en évidence la plasticité de cette variété; en effet, l'épaisseur de la couche jaune change dans les courbes. La tendance à se séparer du phyllade est peu marquée ou absente. Pas d'infiltrations de MnO_2. Les lisérés sont larges; l'échantillon en montre un, gris-perle (*g*) et un autre, jaunâtre (*j*). Il en est qui sont constitués d'un grand nombre de fines strates de colorations très variées avec plissements microscopiques. Les zones claires du phyllade sont très nombreuses; elles indiquent une masse plastique. Les sommets des ondulations sont épaissis et montrent de la microschistosité parallèle aux grands joints qui traversent l'échantillon. — Grand. nat.

FIG. 37. — Dans une lentille de schiste noir de Vielsalm, les feuillets de la roche ont été divisés au point de ne plus présenter, en coupe transversale, que des lignes onduleuses, même sous un grossissement moyen. Du grenat spessartine a cristallisé sur les deux surfaces de ces membranes, comme le dessin l'établit. (× 30). Les traits verticaux indiquent un système de fissures recoupant celles qui séparent les feuillets noirs.

Parfois, les deux moitiés d'un même grain de spessartine se trouvent des deux côtés de la membrane, ainsi que cela est visible sous une forte amplification, figure 37*a*. — × 70.

FIG. 38. — Filonnet de grenat dans l'espace formé par le décollement des feuillets de l'échantillon précédent. Les grains de spessartine tapissent les parois de la petite crevasse; d'autres sont en files qui s'étendent d'une paroi à l'autre. Sous un grossissement plus fort, on voit des interruptions dans ce revêtement, à tous les points où aboutissent les fissures plus ou moins verticales; celles ci sont donc postérieures aux premières. Le remplissage (pointillé) est de la chlorite feutrée, qui a pu supporter ces minuscules tiraillements sans se déchirer, sauf lorsque les fissures transversales étaient trop considérables (à droite). Dans ce cas, la chlorite s'est étirée en fibres parallèles. — × 15.

Tous les intervalles blancs sont comblés par du quartz.

FIG. 39. — Groupe de cristaux d'ilménite, tels qu'on en trouve dans les fissures de l'échantillon précédent, associés à des grains de spessartine qu'ils englobent partiellement. — × 40.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XVI (1).

FIG. 1. — Quartzophyllade *n° 5*. — Agrégat quartzeux bordé d'un minéral chloriteux (teinte sombre).

Lum. ord. : $^{65}/_{1}$ (voir p. 213).

FIG. 2. — Quartzophyllade *n° 5* près du contact avec la roche *1a*. — Au-dessous, quartzophyllade; au-dessus, quartzophyllade contenant des fragments de quartz à caractère porphyrique. (Le grain de droite renferme trois inclusions arrondies de pâte.)

Lum. ord. : $^{16}/_{1}$ (voir p. 213).

FIG. 3. — Roche porphyroïde (tuf clastique) *1a*. — Dans la pâte fondamentale, on voit des fragments de quartz (clair), des sections de mica (sombre et strié) allongées et une enclave constituée par une accumulation d'aiguilles de rutile et englobant des grains de quartz triangulaires. Au-dessus, un fragment de quartz allongé entame le contour de l'enclave.

Lum. ord. : $^{16}/_{1}$ (voir p. 217).

FIG. 4. — Tuf clastique *1a*. — Dans la pâte sériciteuse, on voit de nombreux fragments quartzeux (clairs, sombres ou gris), dont l'un d'eux, dans le secteur Sud-Ouest, a été fragmenté par le redressement des couches; à hauteur du centre et un peu à droite, deux sections de feldspath plagioclase (albite) altérées et des sections allongées (sombre) de mica.

Lum. polar. Nicols + : $^{20}/_{1}$ (voir p. 214).

FIG. 5. — Couche *1e*. — Schiste celluleux, montrant des alvéoles en forme de croissant, etc., représentant les vestiges de tests fossiles (clair) et des grains de quartz anguleux (clair).

Lum. ord. : $^{16}/_{1}$ (voir p. 219).

FIG. 6. — Couche *2d*. — Tuf remanié; au centre, trois grains de quartz accolés et entourés d'une auréole commune de quartz secondaire; immédiatement à côté, grand fragment anguleux de quartz.

Lum. ord. : $^{60}/_{1}$ (voir p. 221).

---

(1) Je remercie M l'ingénieur Edm. Heirman, de Bruxelles, qui a bien voulu se charger des microphotogrammes composant cette planche.

Bull. Soc. Belge de Géol., de Paléont. et d'Hydrol. T. XIX. 1905 PL. I.

ESSAI DE RECONSTITUTION

DE LA STAMPE NORMALE DES COUCHES DU BASSIN HOUILLER

DE

LIÉGE (RIVE GAUCHE DE LA MEUSE)

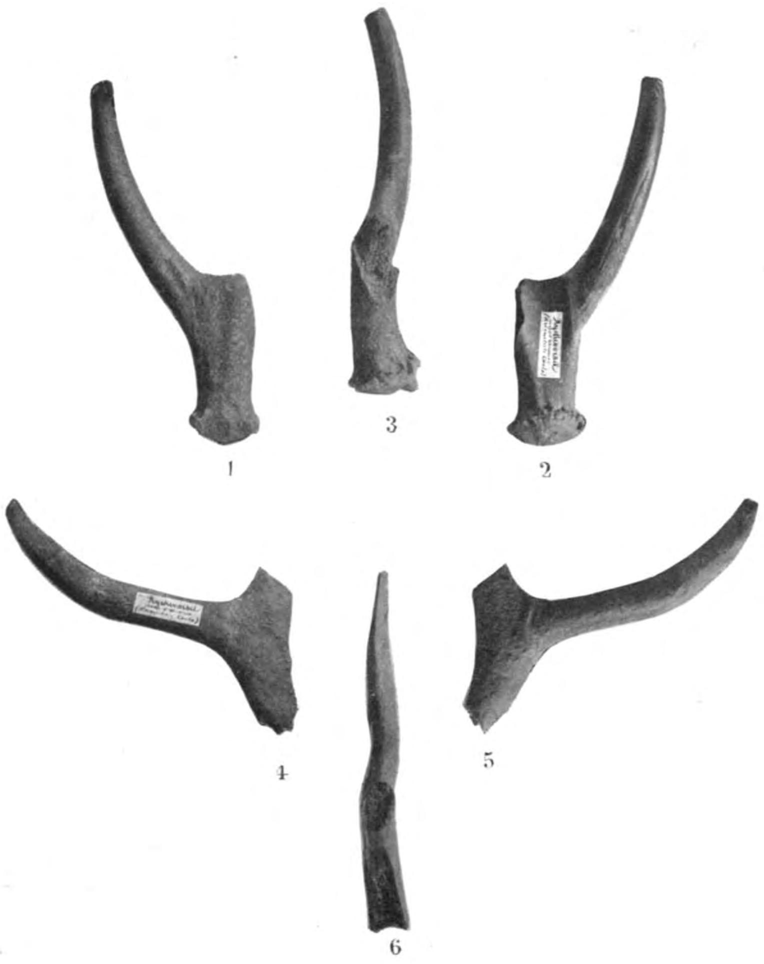
à l'échelle du millième $\left(\frac{1}{1000}\right)$

PAR

X. STAINIER

Membre de la Commission géologique de Belgique

Professeur à l'Université de Gand



2*a*

Cervus Falconeri Dawk. Bois droit.

Fig. 1. — Fragment inférieur. Vue intérieure.
» 2. — » » » extérieure.
» 3. — » » » postérieure.
» 4. — » supérieur. » intérieure ou antérieure.
» 5. — » » » extérieure ou postérieure.
» 6. — » » » postérieure ou intérieure.
» 2*a*. — » inférieur. Coupe du merrain au-dessous de l'andouiller basilaire.

Toutes les figures sont à $\frac{1}{4}$ de la grandeur naturelle la coupe 2*a* est à $\frac{1}{2}$ grandeur.

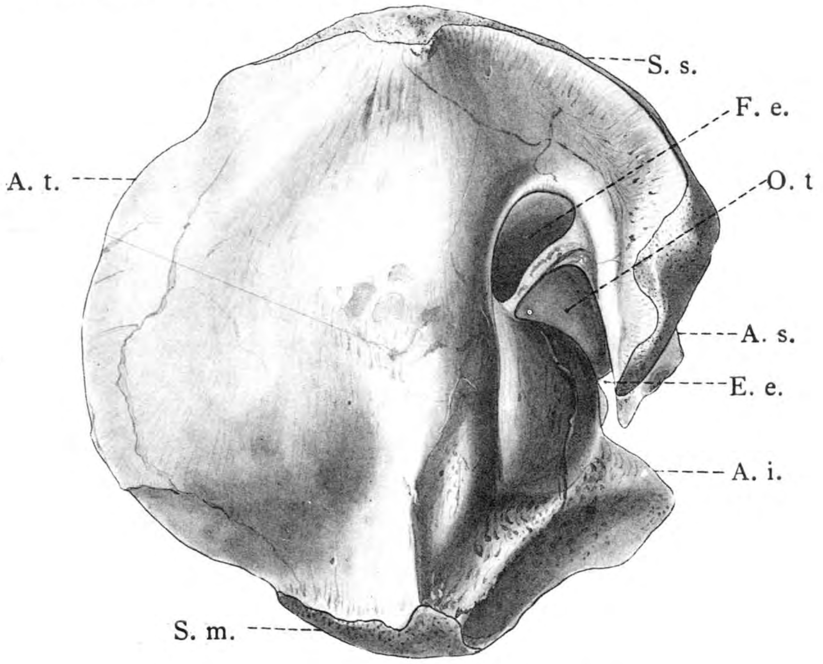


FIG. 1. — Quadratum droit, face interne.
Localité : Ciply (Hainaut), près de Mons. — 3100.

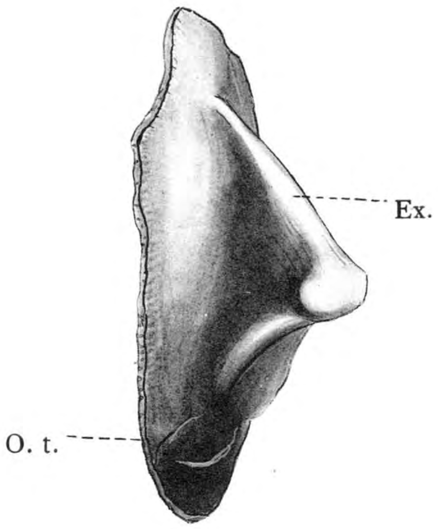


FIG. 3. — Opercule tympanique droit, profil.
Localité : Spiennes (Hainaut), près de Mons.
3188.

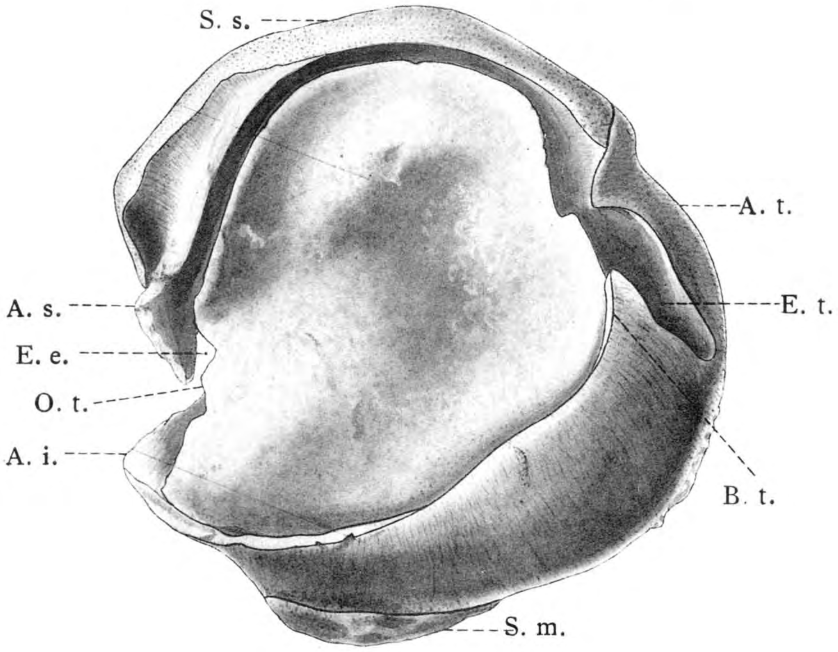


FIG. 2. — Quadratum droit, face externe.
Localité : Ciply (Hainaut), près de Mons. — 3100.

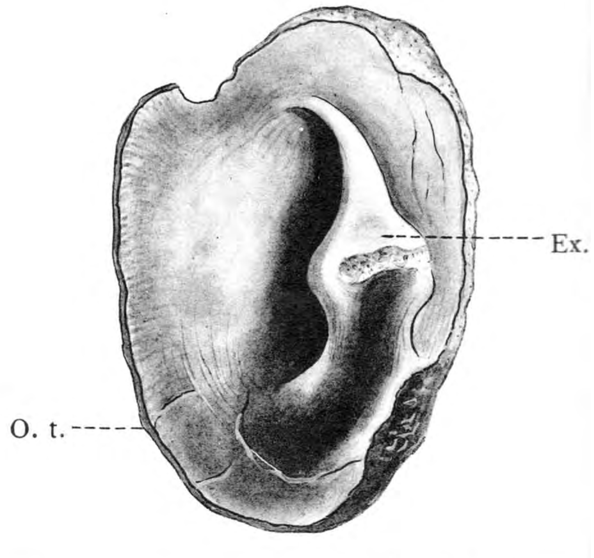


FIG. 4. — Opercule tympanique droit, face interne.
Localité : Spiennes (Hainaut), près de Mons.
3188.

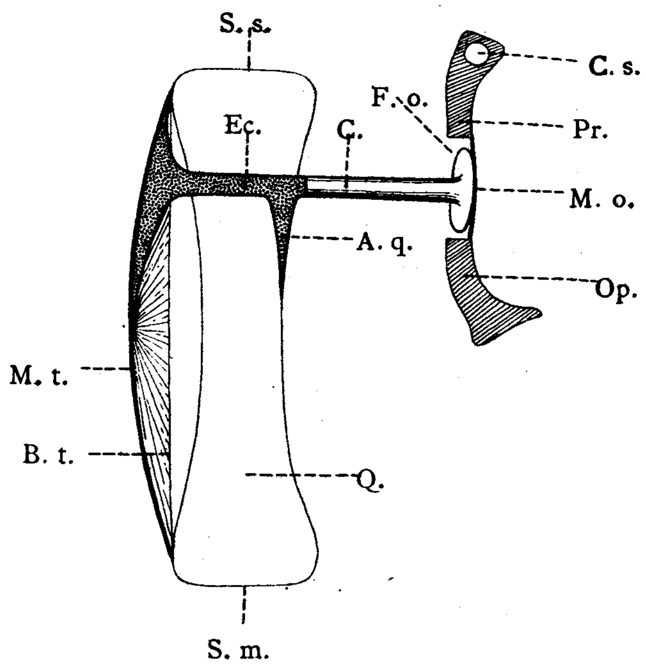


FIG. 5. — **Chaîne interfenestrale des Osselets de l'Ouïe d'un Lacertilien, avec les Os et Membranes limitrophes.**
(Figure schématique imitée de W. K. Parker et de M. J. Versluys).

ABRÉVIATIONS.

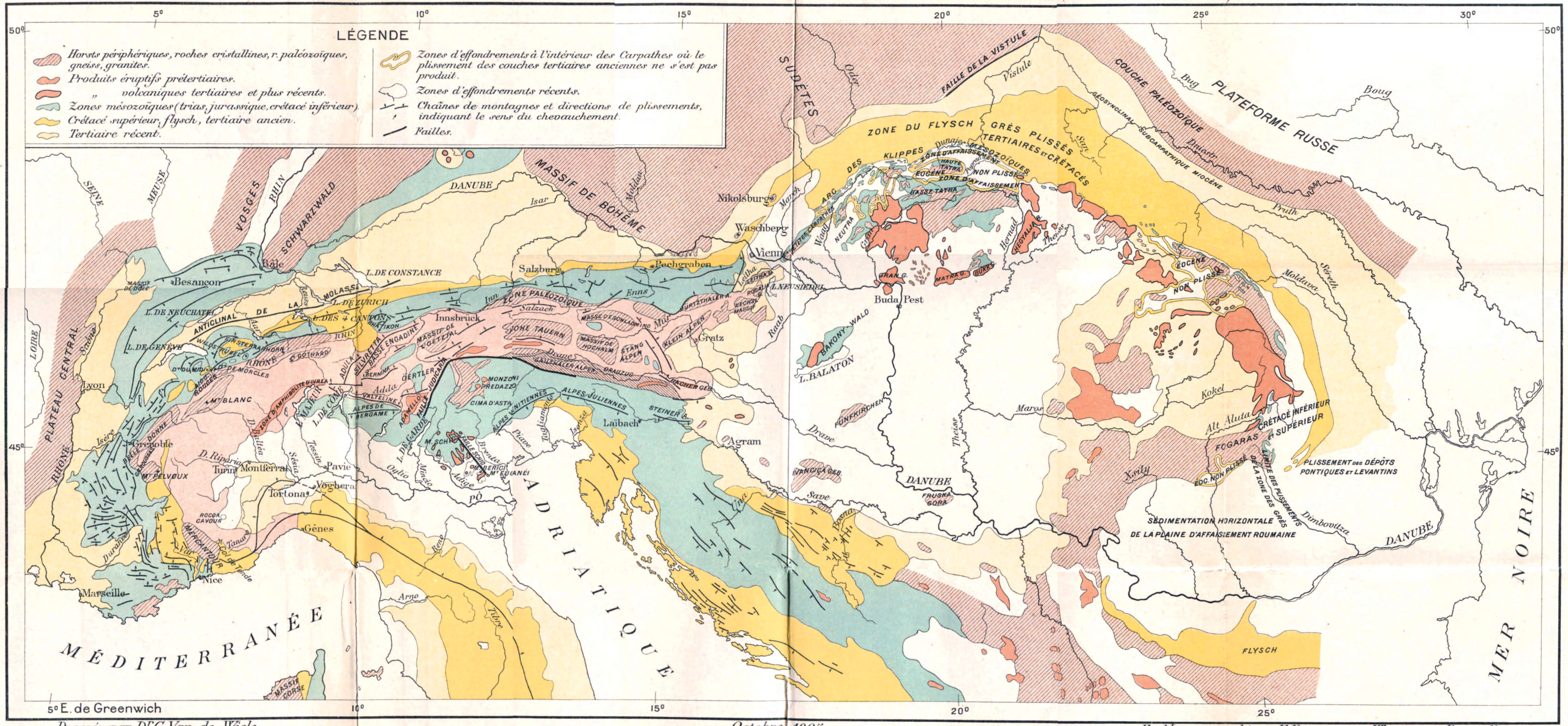
A. i. — Apophyse infracolumellaire.
A. q. — Apophyse quadratique de l'Extracolumelle.
A. s. — Apophyse supracolumellaire.
A. t. — Aile tympanifère.
B. t. — Bord tympanifère.
C. — Columelle (Ossifiée).
C. s. — Canal semi-circulaire horizontal.
Ec. — Extracolumelle (Cartilagineuse).
E. e. — Echancrure extracolumellaire.
E. t. — Echancrure du Bord tympanifère.
Ex. — Expansion tympanique de l'Extracolumelle (Ossifiée).
F. e. — Fossette extracolumellaire.
F. o. — Fenêtre ovale.
M. o. — Membrane ovale.
M. t. — Membrane tympanique.
Op. — Opisthotique.
O. t. — Opercule tympanique.
Pr. — Prootique.
Q. — Quadratum.
S. m. — Surface articulaire quadrato-mandibulaire.
S. s. — Surface articulaire squamoso-quadratique.

Plioplatecarpus Houzeaui, Dollo, 1889. — **Sénonien supérieur.**
Échelle : Grandeur naturelle. — *Type :* Musée royal d'Histoire naturelle de Belgique, à Bruxelles.

E. C. Menger ad nat. del.
L. Lagaert, Photo.

L. DOLLO. — L'OPERCULE TYMPANIQUE DE PLIOPLATECARPUS, MOSASAURIEN PLONGEUR.

CARTE DE LA ZONE D'AFFAISSEMENT MÉDITERRANÉENNE TERTIAIRE (PARTIE ALPINE).



Dressée par Dr C. Van de Wiele, Octobre 1905. Etab.t cartographique E. Patesson et J. Toussaint. Bruxelles.

d'après la Carte géologique internationale et les travaux de MM. SUESS, LUGEON, HAUG, SACCO, DIENER et V. UHLIG.

ÉCHELLE DE 1 : 4 000 000

0 100 200 300 400 500 Kil.

Bull: Soc: belge de Géol:, de Paléont: et d'Hydrol: t: XIX: (1905) Pl: IV.

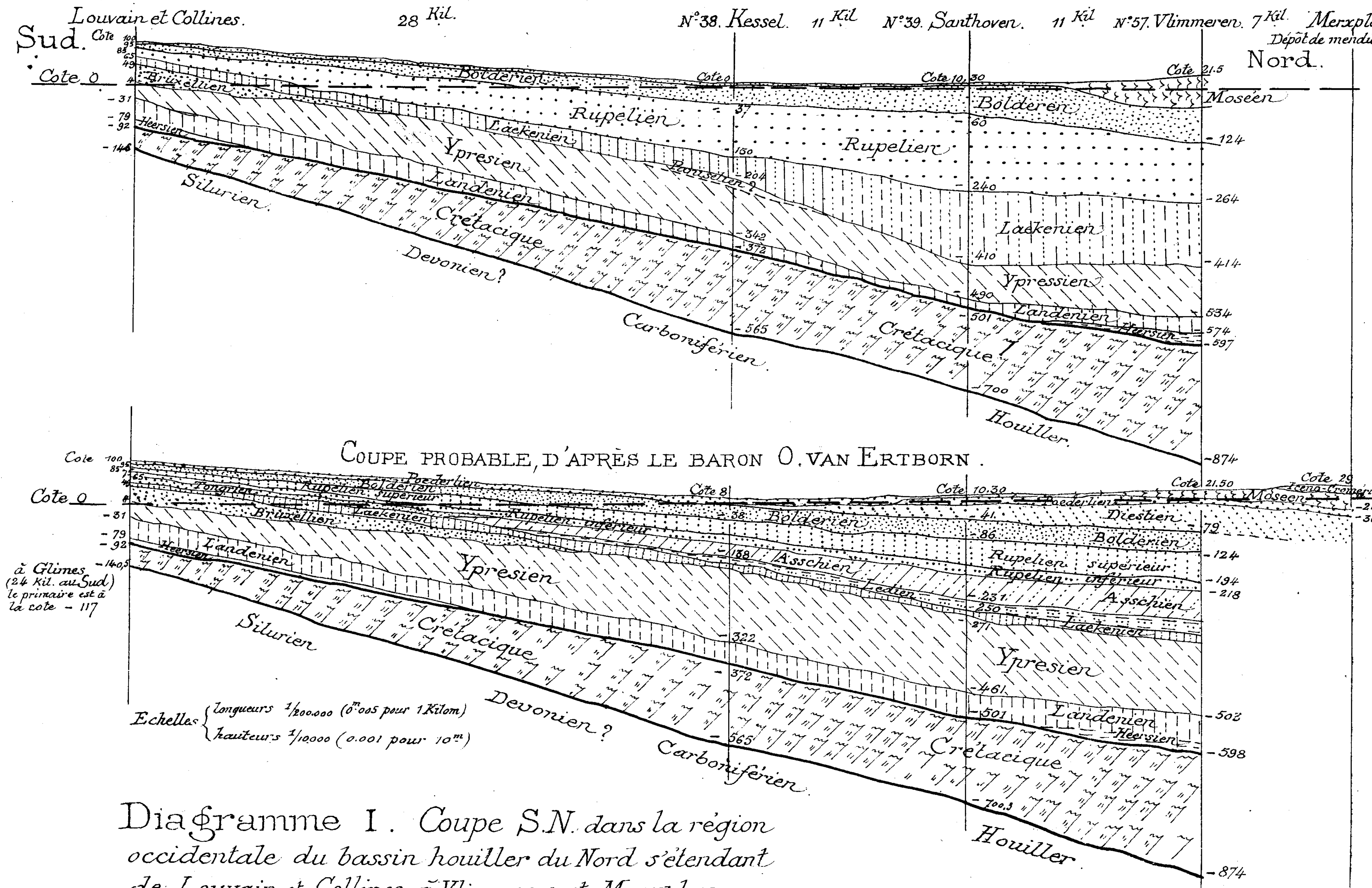


Diagramme I. Coupe S.N. dans la région occidentale du bassin houiller du Nord s'étendant de Louvain et Collines à Vlimmeren et Merxplas.

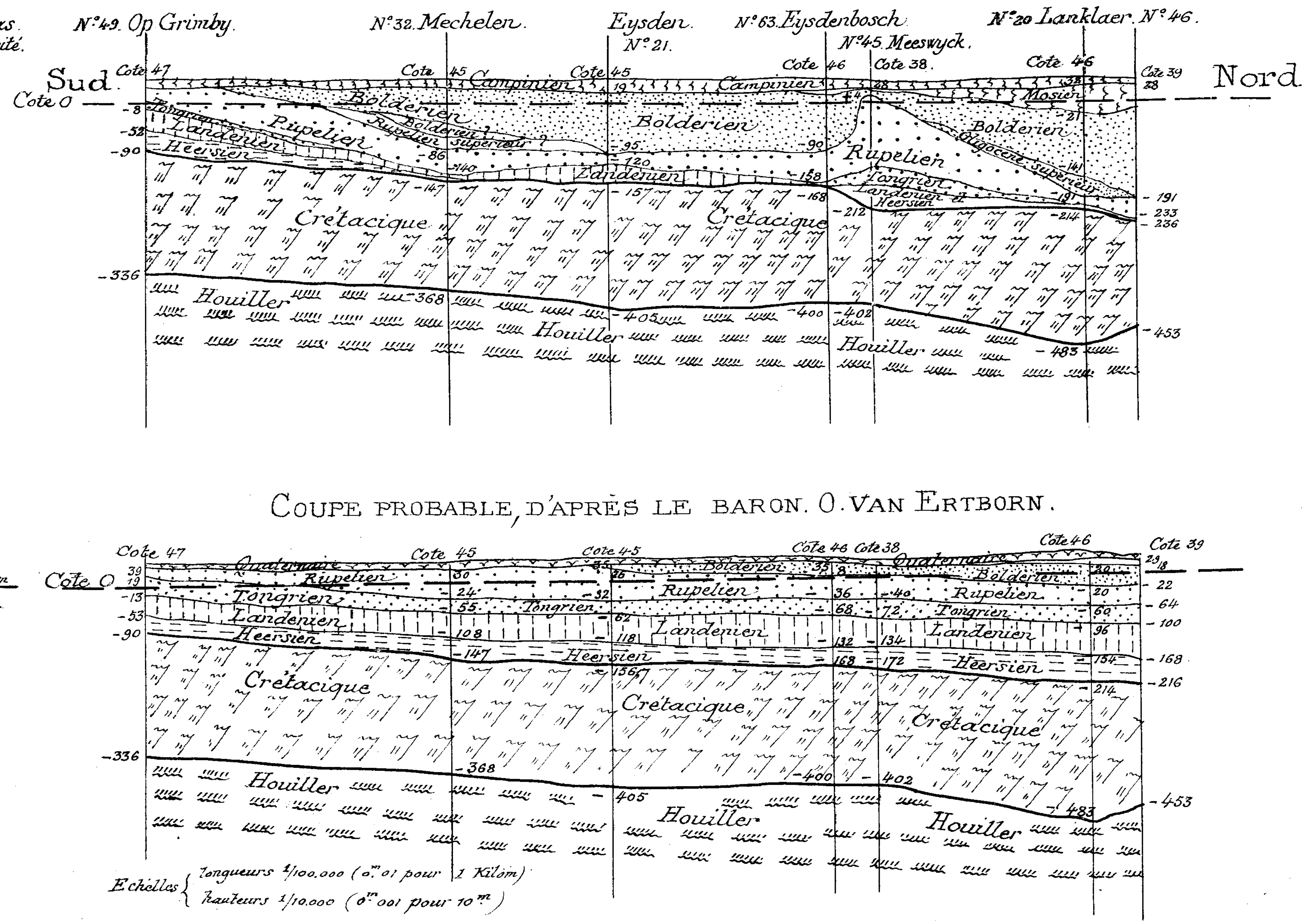


Diagramme II. Coupe S.N. dans la région orientale du bassin houiller du Nord, et parallèle à la Meuse, s'étendant du forage N° 49 d'Op-Grimby au forage N° 46 de Lanklaer.

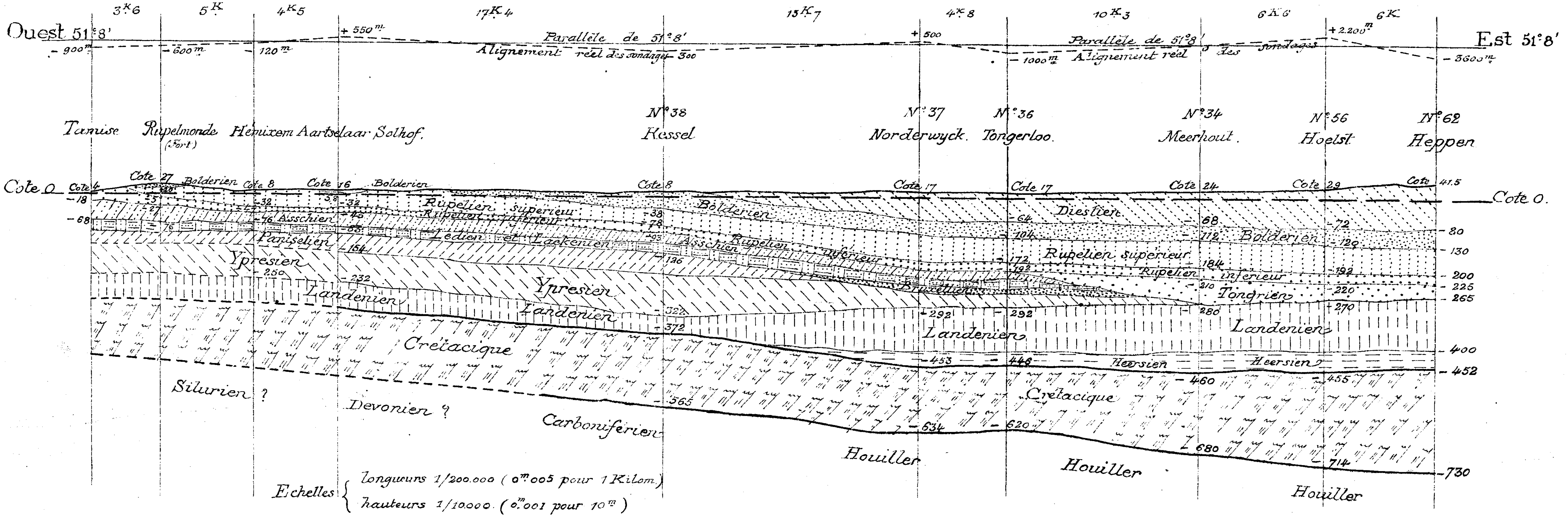
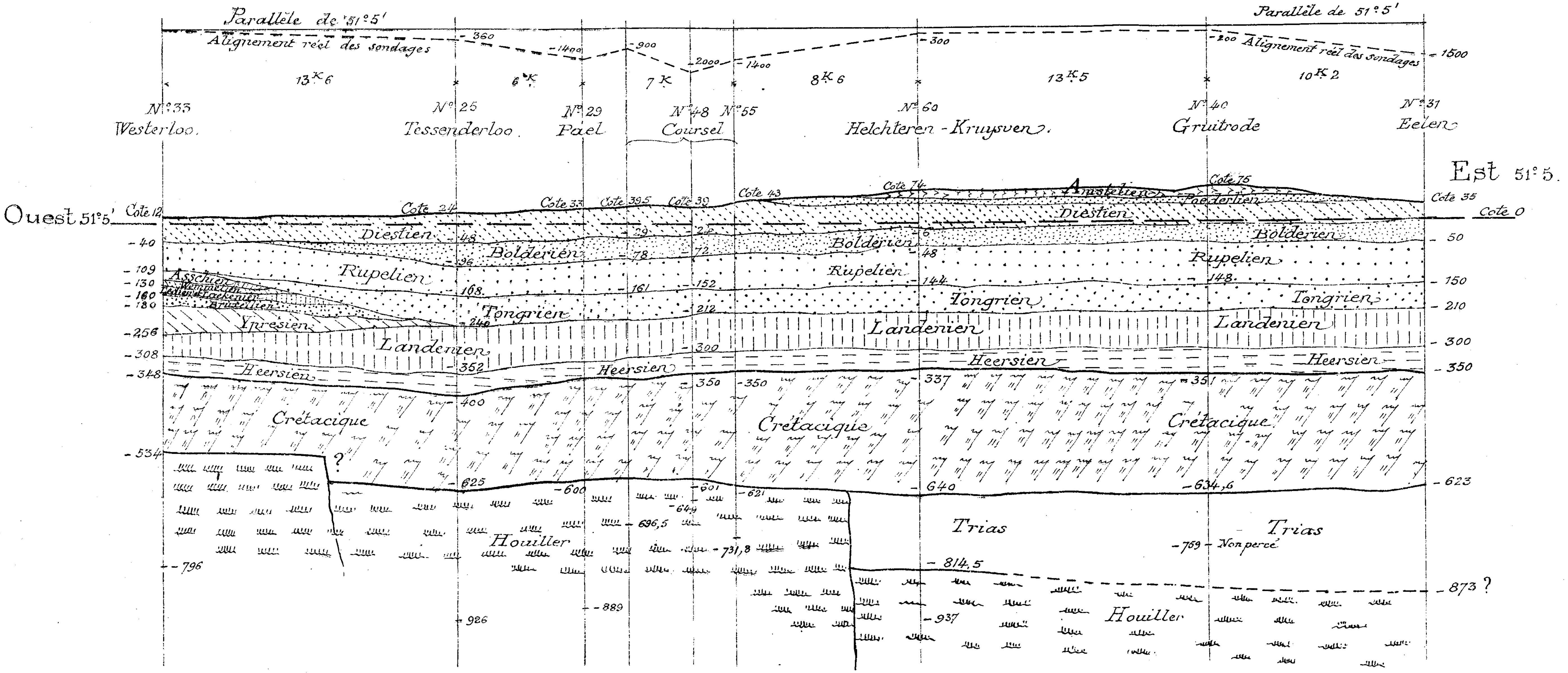


Diagramme III. *Coupe Ouest-Est suivant le parallèle de 51°8', s'étendant de Tamise à Kessel et Heppen. (Camp de Beverloo).*

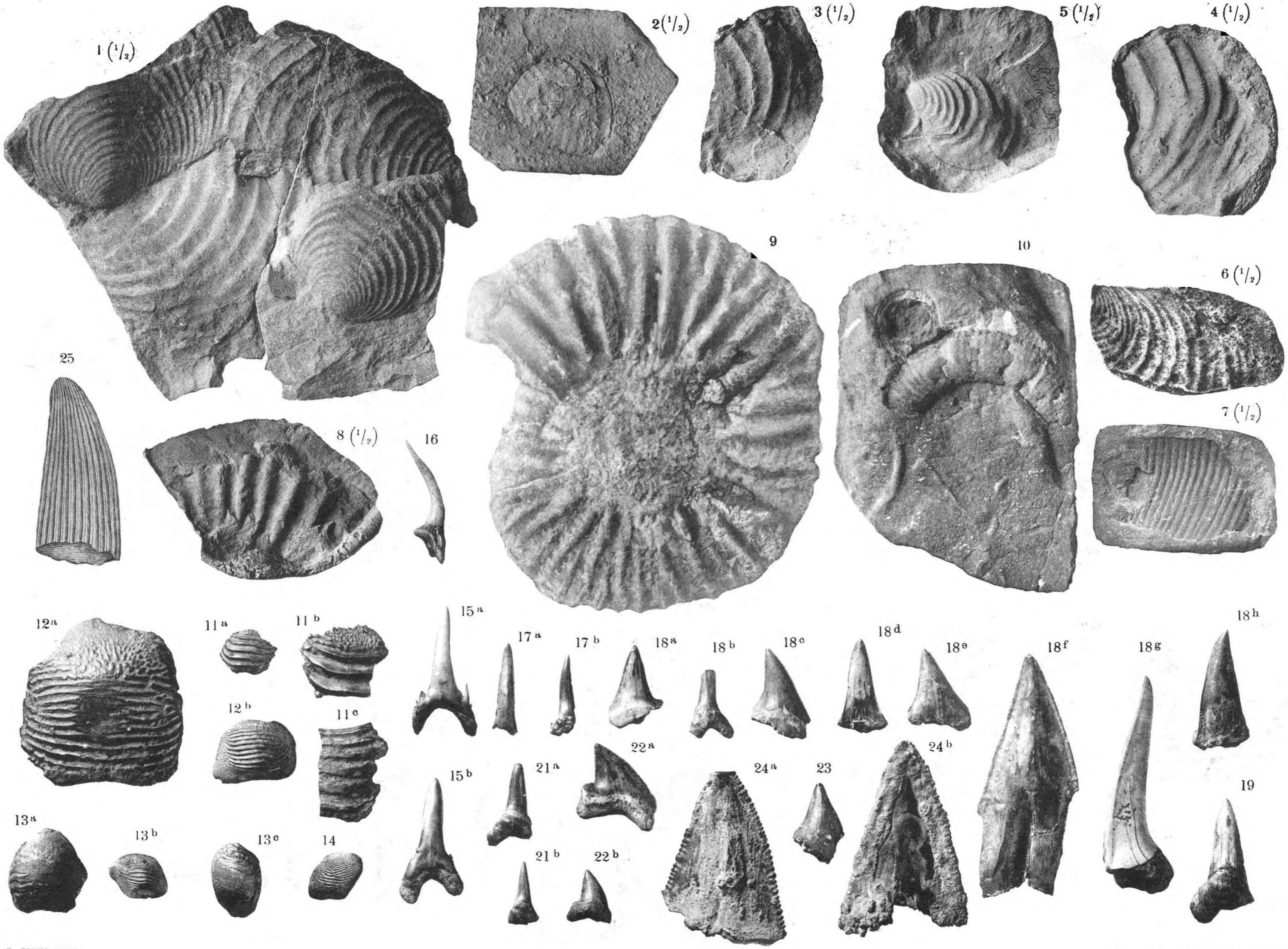
Nota. { *Les forages houillers sont reportés sur le parallèle choisi à l'aide de pendages kilométriques vers le Nord.*
Les couches quaternaires n'atteignant pas 5m ne sont pas indiquées.



Echelles { longueurs 1/200.000 (0m005 pour 1 Kilom.) ; hauteurs 1/10.000 (0m.001 pour 10m.) }

Diagramme IV. *Coupe Ouest-Est suivant le parallèle de 51°5' s'étendant de Westerloo à Eelen.*

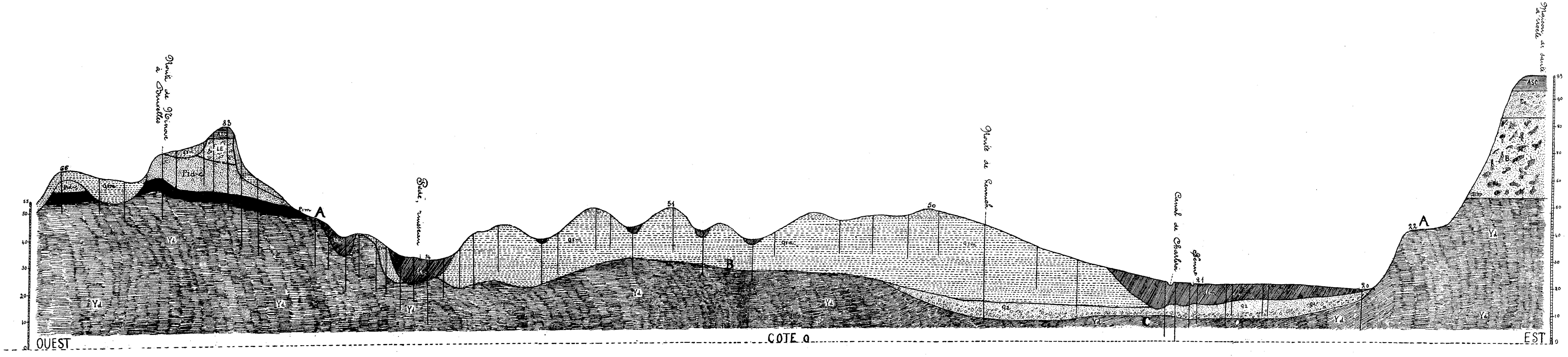
Nota : *Les forages houillers sont reportés sur le parallèle choisi à l'aide des pendages kilométriques vers le Nord.*



E. FORMA PHOT.

ELIOT. CALZOLARI & FERRARIO – MILANO

Diagramme V. *Coupe S.N. à l'Ouest du bassin houiller du Nord, établie d'après les faits duement constatés dans 14 forages artésiens, s'étendant entre Rhodes-St Genèse, Bruxelles, Vilvorde, Malines, Aartselaar, Anvers et le Polygone de Brasschaet.*



Coupe transversale de la vallée de la Senne, à Bruxelles.

ÉCHELLE DES HAUTEURS : 1/1000

ÉCHELLE DES LONGUEURS : 1/20000

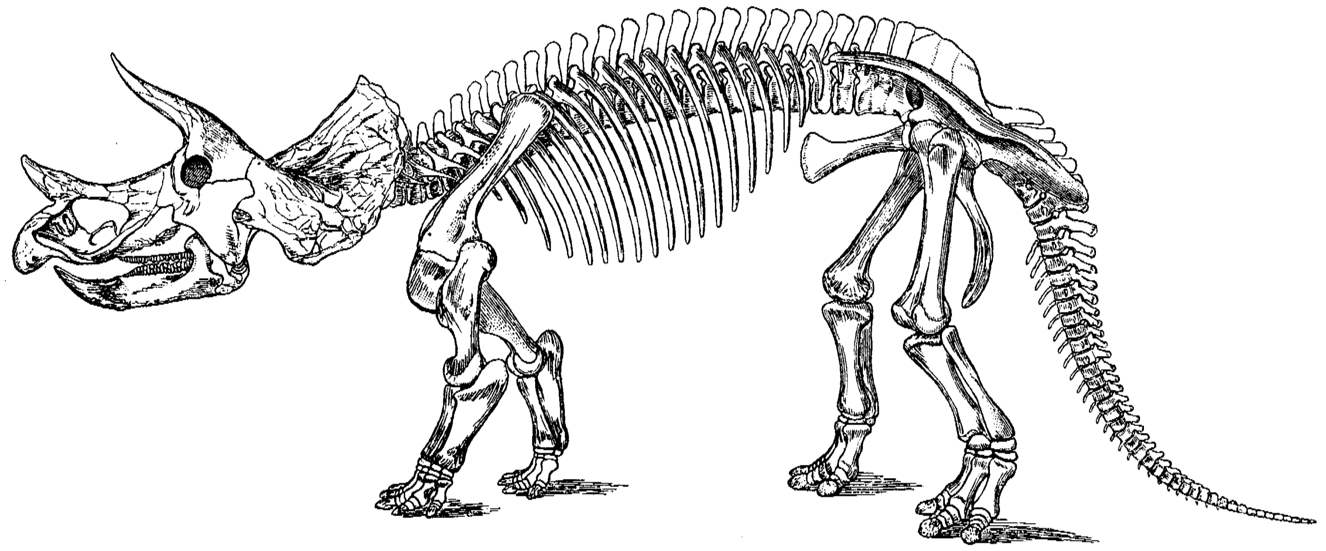


FIG. 1. — **Triceratops prorsus,** Marsh, 1890. — **Vie Quadrupède Secondaire.**
D'après O. C. MARSH (Dinosaurs of North America. Washington, 1896. Pl. LXXI).
Dinosauria. — Predentata. — Ceratopsidæ.
Crétacé supérieur. — Montana (États-Unis). — Longueur : 7m00. — Hauteur : 2m50. — Échelle : $\frac{1}{40}$.
Postpubis atrophié, par Défaut d'Usage.

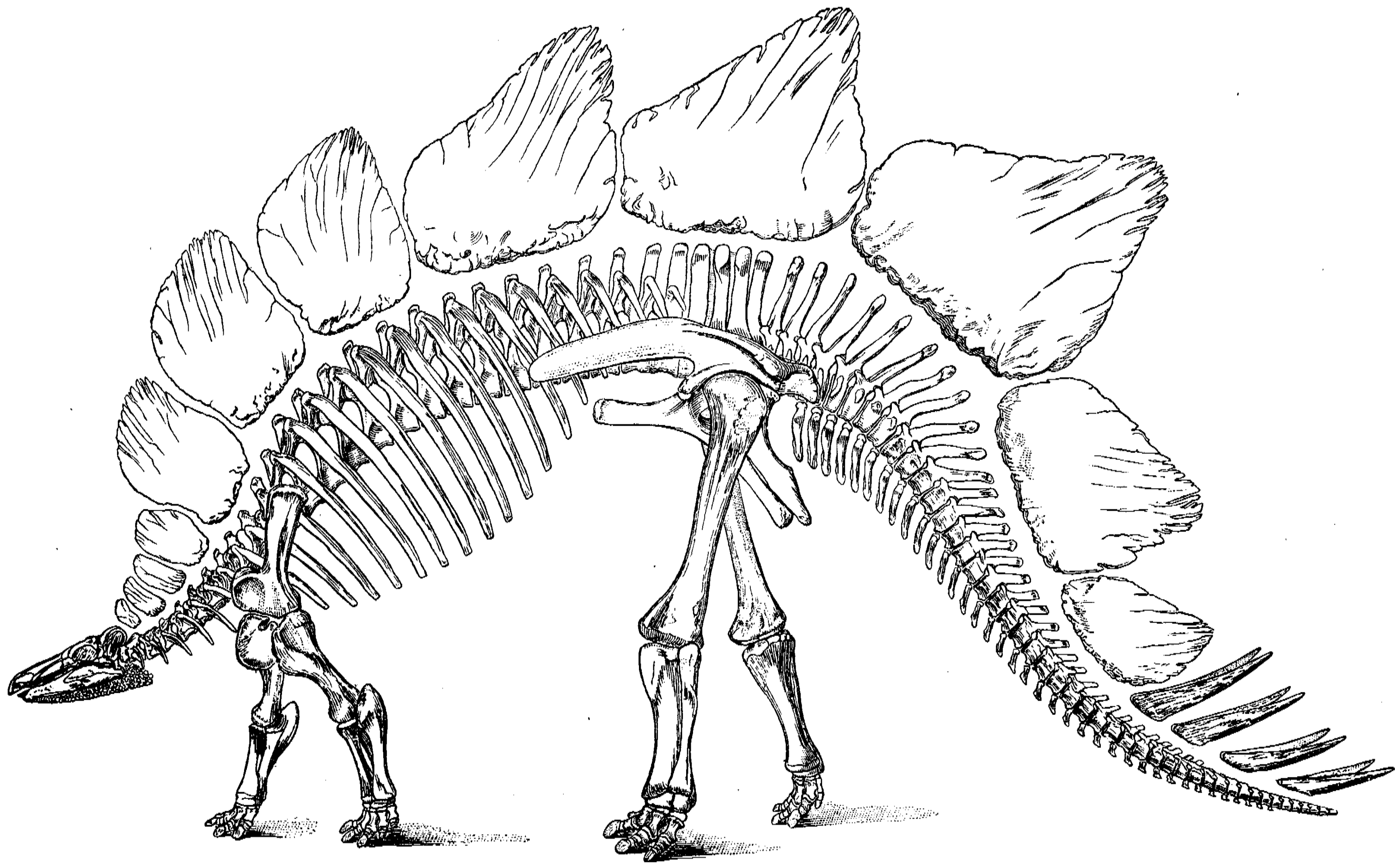


FIG. 2. — **Stegosaurus ungulatus,** Marsh, 1879. — **Vie Quadrupède Secondaire.**
D'après O. C. MARSH (Dinosaurs of North America. Washington, 1896. Pl. LII).
Dinosauria. — Predentata. — Stegosauridæ.
Jurassique supérieur. — Colorado (États-Unis). — Longueur : 6m00. — Hauteur : 3m30. — Échelle : $\frac{1}{80}$.
Postpubis transformé, par Changement de Fonction.

L. DOLLO. — LES DINOSAURIENS ADAPTÉS A LA VIE QUADRUPÈDE SECONDAIRE.

Bull. Soc. belge de Géol., de Paléont. et d'Hydrol. T. XIX, 1905, Pl. XII.

LES ALLURES DES DINOSAURIENS ÉTUDIÉES PAR L'ÉVOLUTION DU BASSIN.

VIE QUADRUPÈDE PRIMAIRE.

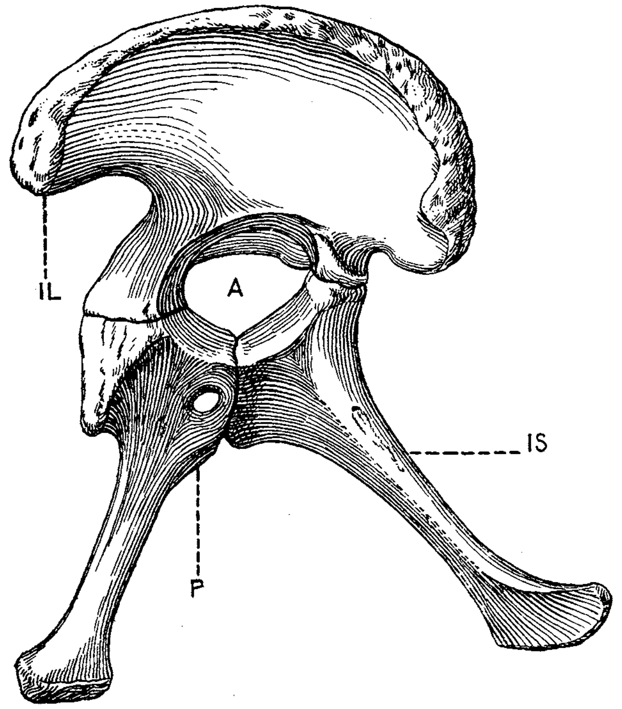


FIG. 1. — **Bassin de Diplodocus.**

Profil gauche. — Échelle : $\frac{1}{17}$.

D'après J. B. HATCHER (Mem. Carnegie Mus. 1905. Vol. II. Pl. IV. Fig. 2).

Dinosauria. — Sauropoda. — Diplodocidæ.

Ilium, avec faible projection préacétabulaire.
Ischium, court et plat, à extrémité distale fort élargie.
Pubis, sans postpubis.

A. — Acetabulum.
IL. — Ilium.
IS. — Ischium.
P. — Pubis.

VIE BIPÈDE PRIMAIRE.

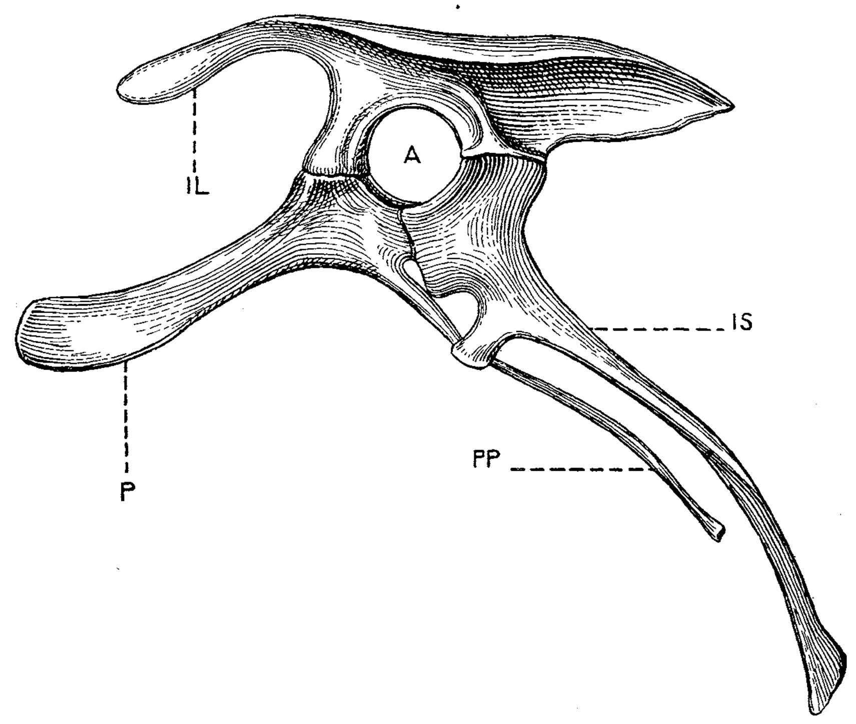


FIG. 2. — **Bassin d'Iguanodon.**

Profil gauche. — Échelle : $\frac{1}{12}$.

D'après L. DOLLO (Bull. Mus. roy. Hist. nat. Belg. 1883. Vol. II. Pl. III. Fig. 2).

Dinosauria. — Predentata. — Iguanodontidæ.

Ilium, avec forte projection préacétabulaire.
Ischium, très long et très étroit.
Pubis, pourvu d'un postpubis également très long et très étroit.

A. — Acetabulum.
IL. — Ilium.
IS. — Ischium.
P. — Pubis.
PP. — Postpubis.

VIE QUADRUPÈDE SECONDAIRE.

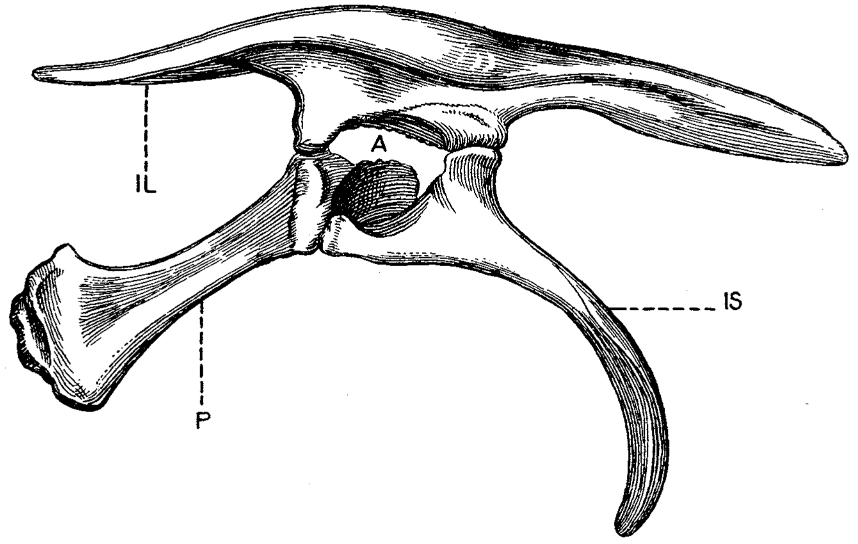


FIG. 3. — **Bassin de Sterrholophus.**

Profil gauche. — Échelle : $\frac{1}{12}$.

D'après O. C. MARSH (Dinosaurs of North America. Washington, 1896. Pl. LXVII. Fig. 1).

Dinosauria. — Predentata. — Ceratopsidæ.

Genre voisin et contemporain de Triceratops.

Ilium, avec forte projection préacétabulaire.
Ischium, raccourci, très étroit et recourbé.
Pubis, pourvu d'un postpubis rudimentaire.

A. — Acetabulum.
IL. — Ilium.
IS. — Ischium.
P. — Pubis.

VIE QUADRUPÈDE SECONDAIRE.

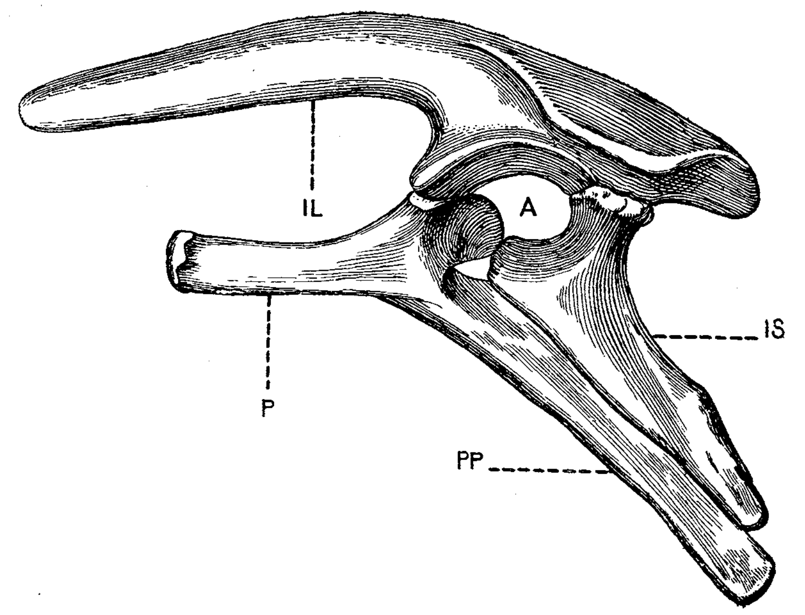


FIG. 4. — **Bassin de Stegosaurus.**

Profil gauche. — Échelle : $\frac{1}{10}$.

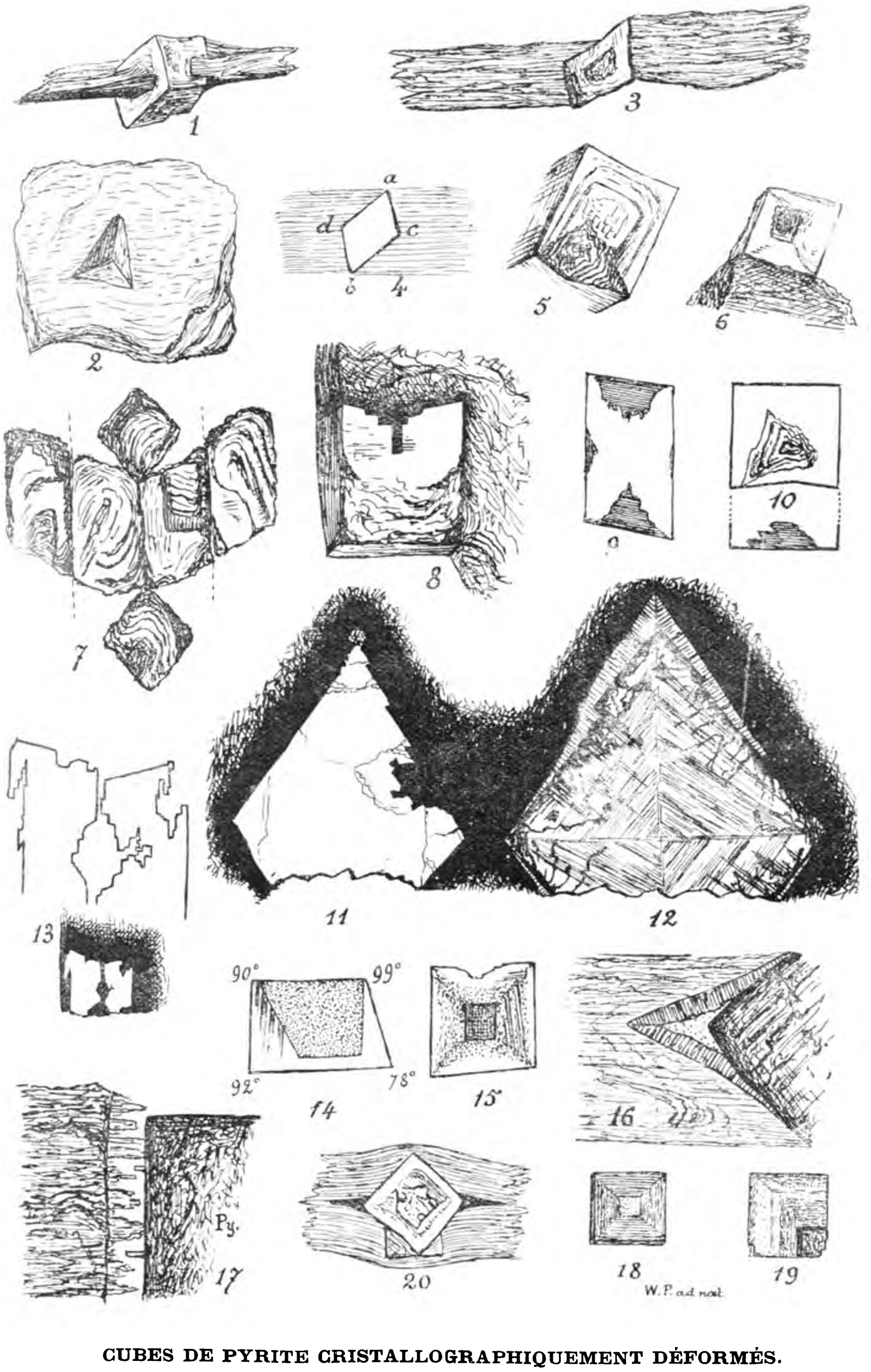
D'après O. C. MARSH (Dinosaurs of North America. Washington, 1896. Pl. XLVIII. Fig. 3).

Dinosauria. — Predentata. — Stegosauridæ.

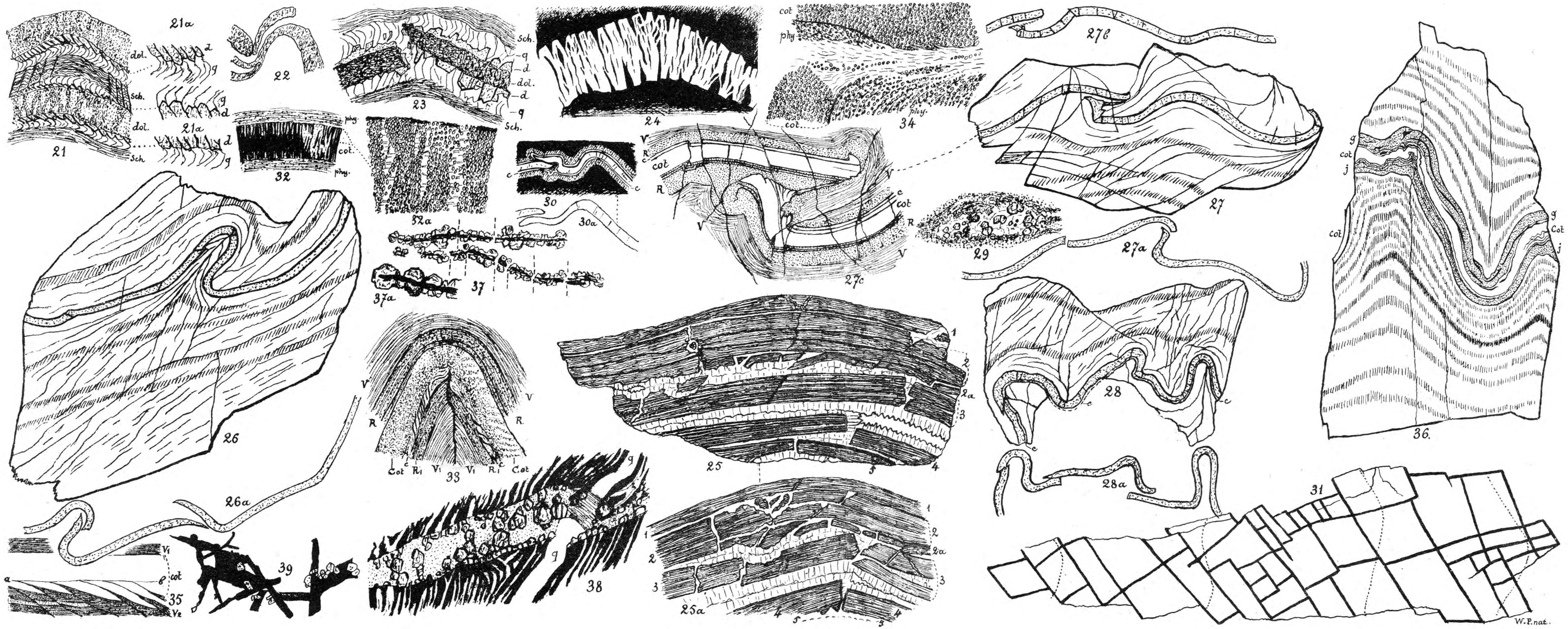
Ilium, avec forte projection préacétabulaire.
Ischium, raccourci, à extrémité distale rétrécie.
Pubis, pourvu d'un postpubis transformé, par changement de fonction, et jouant le rôle du bord ventral de l'ischium de la vie quadrupède primaire.

A. — Acetabulum.
IL. — Ilium.
IS. — Ischium.
P. — Pubis.
PP. — Postpubis.

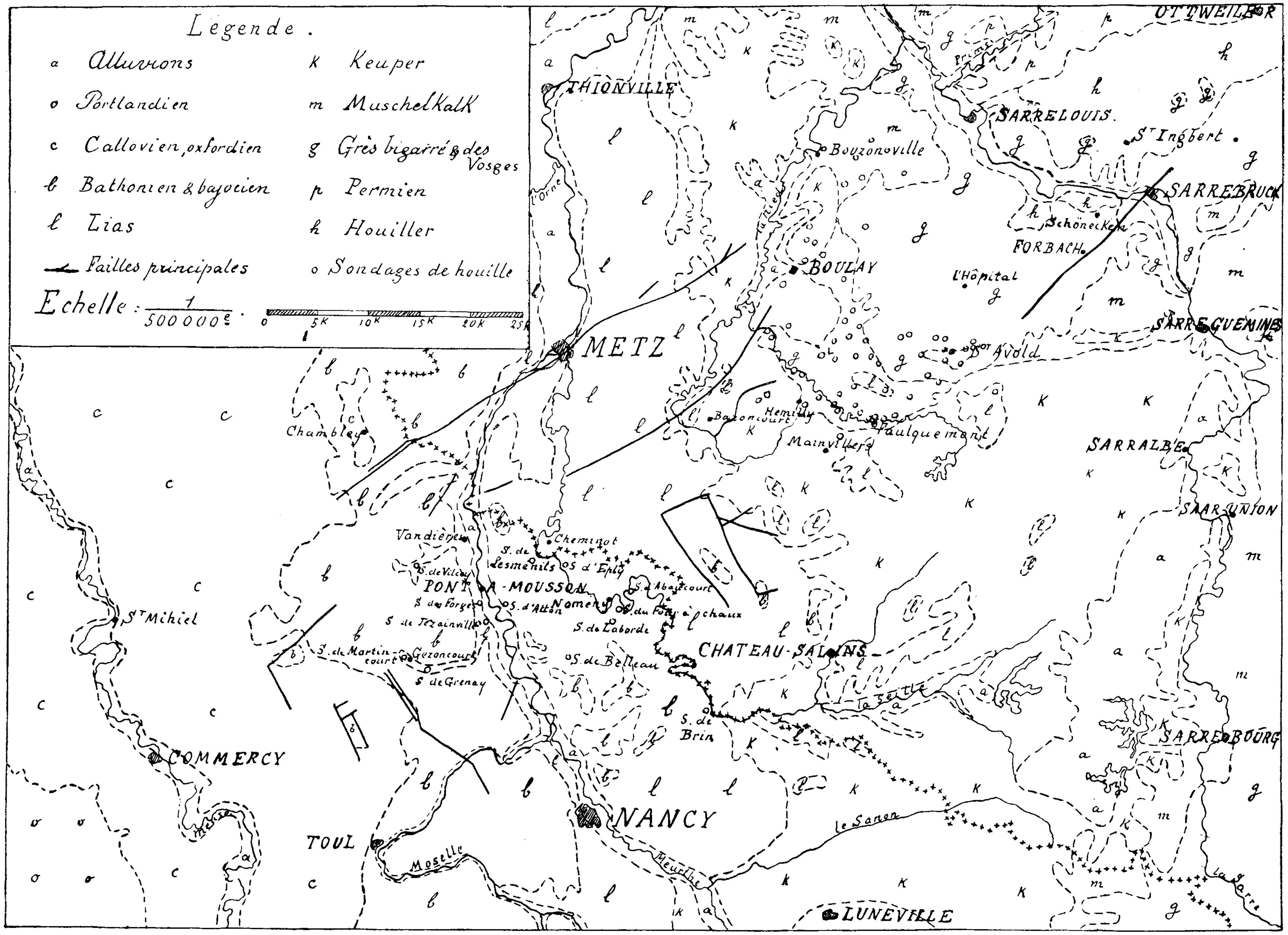
L. DOLLO. — LES DINOSAURIENS ADAPTÉS A LA VIE QUADRUPÈDE SECONDAIRE.



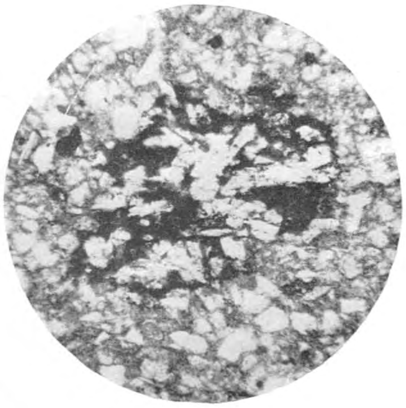
CUBES DE PYRITE CRISTALLOGRAPHIQUEMENT DÉFORMÉS.



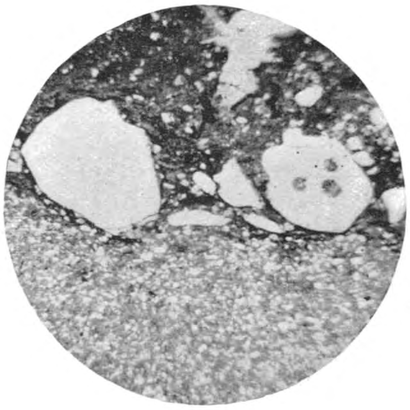
Déformations avec ruptures du coticule salmien et d'autres roches.



CARTE DES SONDAGES DE LORRAINE.

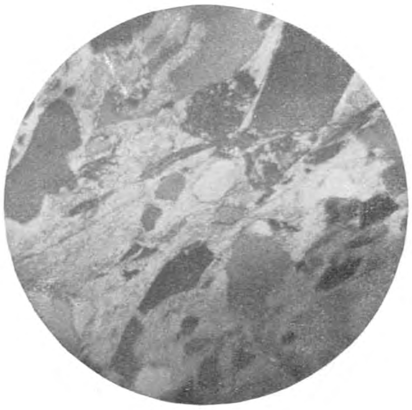


1

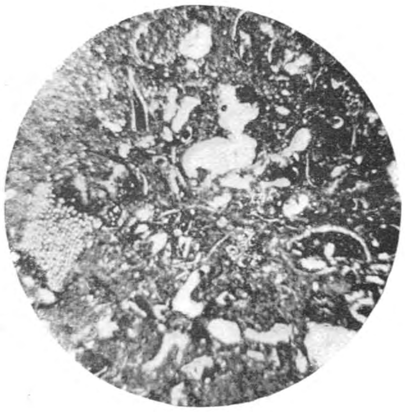


2

3



4



5

6

LA TUFFOÏDE KÉRATOPHYRIQUE DE GRAND-MANIL.